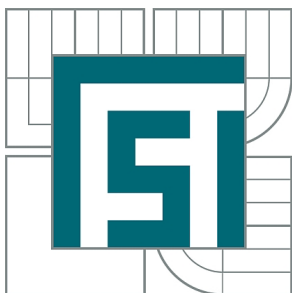


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# MOŽNOSTI SNÍŽENÍ NÁKLADŮ ZA ENERGIE PRO RD

POSSIBLE DECREASE OF ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENCE

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. PETER PALKOVIČ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ POSPÍŠIL, Ph.D.

BRNO 2015



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/15

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Peter Palkovič

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Energetické inženýrství (2301T035)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Možnosti snížení nákladů za energie pro RD**

v anglickém jazyce:

#### **Possible decrease of energy consumption in residence**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na realistické zhodnocení aktuálních ekonomických přínosů běžně používaných způsobů snižování energetické náročnosti RD. V tomto směru budou na vybraném objektu zhodnoceny přínosy výměny oken, zvětšení jižních oken, dílčích zateplení dostupnými technologiemi. V dalším kroku budou posouzeny různé zdroje tepelné energie, které mohou být využity pro zásobování tepelnou energií pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody. Posouzen bude i ekonomický přínos generování vlastní elektrické energie fotovoltaickými panely umístěnými na střeše objektu.

Cíle diplomové práce:

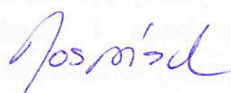
1. Popsat zvolený objekt včetně jeho tepelně-technických parametrů.
2. Zhodnotit ekonomické přínosy: výměny oken, změny velikosti jižních oken, dílčích zateplení.
3. Porovnat ekonomické parametry různých zdrojů tepelné energie (plyn, dřevo, elektřina, tepelné čerpadlo, solární kolektory).
4. Zhodnotit ekonomiku vlastní produkce elektrické energie fotovoltaickými panely umístěnými na střeše objektu.
5. Navrhnout ekonomicky nejvhodnější realizaci pro investiční záměr snížení nákladů za energie na zvoleném objektu s rozpočtem 350 000 Kč.

Seznam odborné literatury:

Murtinger Karel, Úsporný rodinný dům, 2013

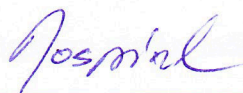
Velfel, Petr, Energie pro rodinný dům, 2010

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

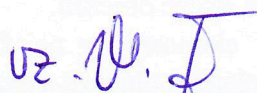


Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 21.11.2014



doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
Ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan



## ABSTRAKT

Práce se zabývá možnostmi snížení nákladů za energie typického rodinného domu nacházejícího se v Brně.

V úvodní části je detailní výpočet tepelných ztrát dané budovy s uvažováním tepelných zisků a následné vyčíslení nákladů za vytápění, ohřev teplé vody a celkové roční náklady.

V dalších částech je uveden konkrétní výpočet ekonomičnosti pro dané dílčí postupy plánovaných realizací vedoucí k snížení nákladů za vytápění (výměna oken, dveří, zateplení fasády a podlahy stropu).

Dále byl proveden výpočet pro změnu způsobu vytápění a porovnání se stávajícím kotlem. A možné snížení potřebné energie při použití energie ze Slunce.

V předposlední části jsou stručně uvedeny možnosti na co získat dotaci z dotačního programu: „nová zelená úsporám“ a snížit tak návratnost počáteční investice.

Na závěr jsou uvedeny komplexní návrhy různých variant výměny kotle se zateplením, výměnou oken a dveří a následné vyhodnocení nejvhodnější varianty při investici 350 000 Kč.

## ABSTRACT

Thesis deals with the possibility of reducing the energy costs of a typical family house located in Brno.

In the first part is a detailed calculation of heat loss of the building, considering heat gain and subsequent quantification of costs for heating, hot water and total annual costs.

In other sections provide specific calculation of the economics for the partial implementations of planned procedures leading to a reduction in heating costs (replacing windows, doors, facades and floor ceiling).

A calculation for changing the heating method and compared to the existing boiler. A possible reduction in the energy required when using energy from the Sun.

In the penultimate section briefly review the options for what you get a subsidy from the grant program "New Green Savings Programme" and reduce the initial investment.

Finally the comprehensive proposals of different options exchanges boiler insulation, replacing windows and doors, and the subsequent evaluation of the best solution when investing 350 000 CZK.

## KLÍČOVÉ SLOVA

Náklady na vytápění, náklady na ohřev teplé vody, součinitel prostupu tepla U, návratnost, dotační program nová zelená úsporám, tepelná ztráta budovy, tepelný zisk.

## KEYWORDS

Heating costs, costs of hot water, heat transfer coefficient U, return, New Green Savings Programme, building heat loss, heat gain.



**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

PALKOVIČ, P. *Možnosti snížení nákladů za energie pro RD*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 146 s. 8 příloh. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.



## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne .....

.....  
Podpis





## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych se poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, pánu doc. Ing. Jiřímu Pospíšilovi, Ph.D., za odborné vedení diplomové práce, užitečné rady a tipy.

Moje poděkování patří i mé rodině a známým za podporu po celou dobu studia.



**OBSAH**

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>17</b>
<b>2 PODROBNÝ POPIS ZVOLENÉHO OBJEKTU .....</b>	<b>19</b>
2.1 TEPELNÁ ZTRÁTA .....	20
2.1.1 TECHNICKÉ PARAMETRE RD PRO VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT .....	21
2.1.2 CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA .....	26
2.1.2.1 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM .....	27
2.1.2.2 TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM .....	28
2.1.2.3 TEPELNÝ ZISK .....	29
2.1.2.4 MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA NA 1 m <sup>3</sup> .....	32
2.1.3 VÝPOČET MODELOVÉ MÍSTNOSTI .....	32
2.1.4 CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA ZVOLENÉHO OBJEKTU .....	35
2.2 VÝPOČET POTŘEBY TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ .....	36
2.3 VÝPOČET POTŘEBY TEPLA NA OHŘEV TEPLÉ VODY .....	37
2.4 CELKOVÁ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY .....	39
2.5 NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY .....	40
2.6 SPOTŘEBA EL. ENERGIE .....	43
<b>3 VÝMĚNA STARÝCH OKEN ZA NOVÉ .....</b>	<b>45</b>
3.1 VARIANTA A – PLASTOVÉ OKNO VEKA SOFTLINE 70 (dvojsklo) .....	48
3.2 VARIANTA B – PLASTOVÉ OKNO VEKA SOFTLINE 82 (trojsklo) .....	49
3.3 VARIANTA C – DŘEVĚNÉ OKNO OKNOLUX IV68 Klasik (dvojsklo) .....	50
3.4 VARIANTA D – DŘEVĚNÉ OKNO OKNOLUX IV78 Klasik (trojsklo) .....	51
3.5 VARIANTA E – KOMBINACE VARIANTY A + B .....	52
3.6 VARIANTA F – KOMBINACE VARIANTY A + B .....	53
3.7 KONKRÉTNÍ POPIS VŠECH PRVKŮ OKNA .....	54
3.8 VÝMĚNA VSTUPNÍCH DVĚŘÍ .....	55
3.8.1 VARIANTA A – DVEŘE S011 .....	55
3.8.2 VARIANTA B – DVEŘE S031 .....	56
<b>4 ZATEPLENÍ DOMU .....</b>	<b>59</b>
4.1 POROVNÁNÍ TYPŮ MATERIÁLU .....	61
4.1.1 PĚNOVÝ POLYSTYREN .....	61
4.1.2 MINERÁLNÍ VATA .....	62
4.1.3 PŘÍRODNÍ MATERIÁLY .....	63

4.1.4 POLYURETANOVÉ DESKY .....	63
4.1.5 FENOLICKÁ PĚNA.....	63
4.1.6 FOUKANÁ A STŘÍKANÁ IZOLACE .....	63
4.1.7 VAKUOVÉ TEPELNÉ IZOLACE.....	63
4.2 VÝPOČET POTŘEBNÉHO MNOŽSTVÍ ZATEPLOVACÍHO MATERIÁLU .....	64
4.3 VÝPOČET ZATEPLENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ .....	65
4.3.1 VARIANTA A - Isover EPS 70F – bílý polystyren .....	65
4.3.2 VARIANTA B - Isover EPS GreyWall – šedý polystyren .....	66
4.3.3 VARIANTA C - Isover NF 333 – min. vata .....	66
4.3.4 VARIANTA D - Isover TF PROFI – min. vata.....	67
4.4 VÝPOČET ZATEPLENÍ STROPU POD PŮDOU .....	68
4.4.1 VARIANTA A – Isover STEPcross.....	69
4.4.2 VARIANTA B – Foukaná izolace .....	71
4.5 VÝPOČET ZATEPLENÍ PODLAHY .....	73
<b>5 ZMĚNA VELIKOSTI JIŽNÝCH OKEN .....</b>	<b>75</b>
5.1 VARIANTA A(1,8) – pouze výměna oken.....	75
5.2 VARIANTA A(2,0) – pouze výměna oken.....	76
5.3 VARIANTA B1(1,5) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ).....	76
5.4 VARIANTA B1(1,8) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ).....	77
5.5 VARIANTA B1(2,0) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ).....	77
5.6 VARIANTA B2(1,5) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ).....	78
5.7 VARIANTA B2(1,8) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ).....	78
5.8 VARIANTA B2(2,0) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ).....	79
5.9 VARIANTA B3(1,5) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ).....	79
5.10 VARIANTA B3(1,8) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ).....	80
5.11 VARIANTA B3(2,0) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ).....	80
<b>6 ZDROJE TEPELNÉ ENERGIE .....</b>	<b>81</b>
6.1 PŮVODNÍ KOTEL NA PLYN .....	83
6.2 KONDENZAČNÍ PLYNOVÝ KOTEL.....	83
6.3 KOTEL NA DŘEVO / BRIKETY / PELETY .....	85
6.4 KOTEL NA HNĚDÉ / ČERNÉ UHLÍ.....	87
6.5 ELEKTRICKÉ VYTÁPĚNÍ.....	88
6.6 VYTÁPĚNÍ TEPELNÝM ČERPADLEM.....	90



6.7 VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE NA OHŘEV VODY A PŘITÁPĚNÍ .....	92
6.7.1 VÝPOČET SOLÁRNÍHO POKRYTÍ .....	94
6.7.2 VARIANTA A – PLOCHÝ KOLEKTOR – POUZE OHŘEV VODY .....	98
6.7.3 VARIANTA B – PLOCHÝ KOLEKTOR – OHŘEV VODY + PŘITÁPĚNÍ .....	101
6.7.4 VARIANTA C – VAKUOVÝ KOLEKTOR – POUZE OHŘEV VODY .....	102
6.7.5 VARIANTA D – VAKUOVÝ KOLEKTOR – OHŘEV VODY + PŘITÁPĚNÍ .....	104
<b>7 VLASTNÍ VÝROBA EL. ENERGIE Z FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ .....</b>	<b>105</b>
7.1 OSTROVNÍ SYSTÉM (OFF-GRID) .....	108
7.2 ELEKTRÁRNA PŘIPOJENA DO SÍTĚ (ON-GRID) .....	109
7.3 VARIANTA A - HFVE 1,5 kWp / 1,2 kW / 24 V .....	110
7.4 VARIANTA B - FVE 4,32 kWp / 48 V .....	111
7.5 VARIANTA C - FVE 7,92 kWp / 48 V .....	112
<b>8 DOTACE – NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM 2015 .....</b>	<b>113</b>
8.1 OBLAST PODPORY A .....	114
8.2 OBLAST PODPORY C .....	115
<b>9 EKONOMICKÝ NÁVRH NEJLEPŠÍ VARIANTY PRO SNÍŽENÍ NÁKLADŮ ZA ENERGIE PRO ZADANÝ RD .....</b>	<b>117</b>
9.1 VARIANTA A (KOTEL NA HU + VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ + ZATEPLENÍ) .....	117
9.2 VARIANTA B (KOTEL NA ZP (kondenzační) + VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ + ZATEPLENÍ + OHŘEV VODY POMOCÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ) .....	120
9.3 VARIANTA C (TEPELNÉ ČERPADLO (ZEMĚ-VODA) + VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ + ZATEPLENÍ) .....	122
9.4 VARIANTA D (ZPLYNOVACÍ KOTEL NA DŘEVO + VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ + ZATEPLENÍ + FOTOVOLTAIKA) .....	125
9.5 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ .....	129
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>131</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>133</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>139</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>145</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>103</b>



## 1 ÚVOD

Je krásné mít sen, vlastnit rodinný dům. Avšak náklady za něj jsou obrovské. Hlavně u starších domů se rafičky elektroměru i účet za vytápění a ohřev teplé užitkové vody blíží ke gigantickým hodnotám a každým rokem se ještě zvyšují. Je to z důvodu méně kvalitních materiálů a dříve málo používaných izolačních systémů, kterých je dnes nespočet typů. Únik tepla je proto velký a dnešní dostupní technologie umí divy. Zamezí se tím ztráta tepla netěsnícími okny, střechou, zdmi, ...

Pro snížení nákladů za energie RD je potřebná vstupní investice, která se však za poměrně krátkou dobu vrátí a navíc dům vypadá omnoho lépe než kdykoliv předtím. Navíc se zvyšuje cena domu díky posunutí se v kategorii obyčejného domu na úspornější. Každý soused pukne závistí a bude se snažit konkurovat, což způsobí úsporu energie ve více rodinách a tím se chrání taky i životní prostředí.

Problematikou snižování energie se zabývá i EU. Hlavním nařízením EU v boji proti globálním změnám klimatických podmínek na Zemi je zavedena Směrnice 2009/28/ES, o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. Tato směrnice je platná od prosince 2010.

Hlavním cílem směrnice do roku 2020 je zejména, aby podíl obnovitelných zdrojů energie (OZE) byl 20 %, energetickou účinnost zvýšit o minimálně 20 % a snížit emise o 20 %.

Jak vhodně investovat do RD a mít lepší tepelný komfort nejlépe umí specializované energetické konzultační a informační střediska (**EKIS**) zabývající se touto problematikou už několik let a pomáhají vytvořit nejlepší možnou strategii. Tyto služby jsou pro občany, zástupce veřejné správy, podniky a podnikatele bezplatné.

Nebo si to můžete sami přibližně spočítat a porovnat díky této diplomové práci. Porovnat zda-li se oplatí zateplit polystyrenem nebo jít do dražších izolací jako je minerální vata a tak dále.

Při většině stavebních úprav, které vedou ke snížení energií je možnost získat dotaci. Při zateplení, výměně kotle nebo výstavbě pasivního domu se nám vynaložená investice vrátí při splnění všech podmínek z programu Zelená úsporám, takže investice není až tak velká.

Taky je dobré přemýšlet o využití slunečního záření pro RD. Nejčastěji pomocí fotovoltaických panelů nebo také změny velikosti oken na jižní straně domu a ušetřit na vytápění.



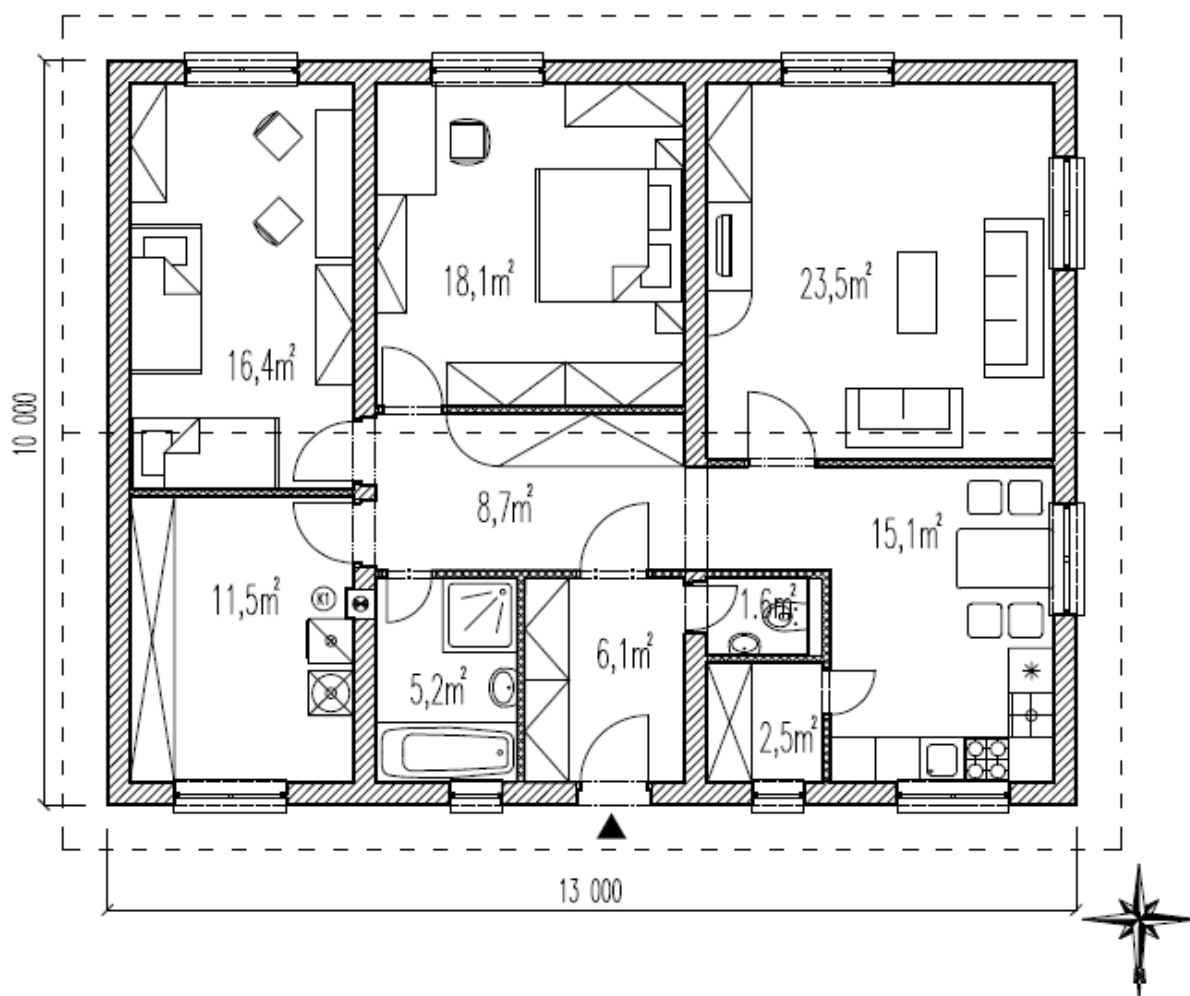
## 2 PODROBNÝ POPIS ZVOLENÉHO OBJEKTU

Pro podrobný výpočet byl vybrán co nejvíce typický rodinný dům s průměrnými hodnotami spotřeb, aby byl výpočet dobře porovnatelný. Lokalita byla zvolená pro město Brno, aby bylo možné odečíst konkrétní teploty, sluneční záření a rychlost větru.

Bylo uvažováno s rodinným domem pro 4 osoby, který je starší, ačkoliv obsahuje poměrně nové, úsporné spotřebiče. Aktuální stav výstavby rodinných domů je z 80 % tvořen domy s obytnou rozlohou kolem 100 m<sup>2</sup> a víc, což odpovídá přibližně velikosti standardního bytu 4 + 1, v minulosti to bylo cca 120 m<sup>2</sup>.

Rodinný dům je 15 let starý (postaven v roce 1999) s celkovou obytnou plochou 106,8 m<sup>2</sup> viz *Obr. 2.1 Půdorys 1.NP (RD bez zateplení)*, který má sklon střechy 31° a půda pod střechou je využívána pouze jako úložiště věcí a je nevytápěná.

Příložený půdorys mi poskytla přítelkyně ve formě \*.dwg s tím, že si díky němu vytvořím všechny žádané pohledy a odměřím všechny potřebné rozměry a údaje pro mé výpočty a stavební úpravy.



*Obr. 2.1 Půdorys 1.NP (RD bez zateplení)*



## 2.1 TEPELNÁ ZTRÁTA

Pro zjištění spotřeby energie na vytápění je nutno provést výpočet tepelných ztrát budovy. Výpočty už nejsou složité jako kdysi. Existuje mnoho webových kalkulátorů, které po dosazení všech důležitých vstupních hodnot tepelné ztráty vypočte. Tepelná ztráta nám vyjadřuje, kolik tepla nám projde danou konstrukcí při rozdílu teplot za jednotku času.

Tepelnou ztrátu  $Q$  lze spočítat ze vzorce:

$$Q = U \times S \times \Delta t \text{ [W]} \quad (2.1)$$

kde:

$U$  ... Součinitel prostupu tepla [ $\text{W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ]

$S$  ... Plocha konstrukce, přes kterou teplo prochází [ $\text{m}^2$ ]

$\Delta t$  ... Rozdíl teplot vzduchu (IN - OUT) [ $^{\circ}\text{C}$ ]. [1]

Tepelný výkon vytápěcích zařízení se musí navrhovat pro stav při podmínkách nejnižší teploty pro danou lokalitu v zimním období dle *Tab. 2.1 Venkovní výpočtové teploty dle lokalit*. Brno patří do **teplé klimatické oblasti**, tudíž pro výpočet se bere hodnota  $-12^{\circ}\text{C}$ .

Tab. 2.1 Venkovní výpočtové teploty dle lokalit [2]

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{\text{em}}=12^{\circ}$		$t_{\text{em}}=13^{\circ}$		$t_{\text{em}}=15^{\circ}$	
			$t_{\text{es}}$	d	$t_{\text{es}}$	d	$t_{\text{es}}$	d
	[m]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[dny]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[dny]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[dny]
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245	5,2	280
Beroun (Královův Dvůr)	229	-12	3,7	225	4,1	236	5,3	268
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,3	229	3,7	241	5,1	275
<b>Brno</b>	227	<b>-12v</b>	3,6	222	4,0	232	5,1	263
Bruntál	546	-18v	2,7	255	3,3	271	4,8	315
Přerov (Ladnice)	159	-12	4,1	215	4,4	224	5,2	252



Obr. 2.2 Teplotní mapa oblastí ČR [3]

Pro orientační zjištění tepelných ztrát se nejčastěji využívá výpočet podle normy ČSN 06 0210. Norma již byla zrušena a nahrazena novou evropskou normou EN 12831. Ale pro orientační výpočet tepelných ztrát a potřeby tepla na vytápění je plně dostačující a pro tuto práci mnohem více názornější a přehlednější. Tato norma ČSN 06 0210 platí v ČR od roku 1994 a tudíž je hezky propracována. Výpočet je možné provést přes zjednodušenou výpočtovou pomůcku přímo na stránkách TZB-info pomocí obálkové metody, či-li uvažuje s přestupem tepla z teplejšího místa na chladnější přes obálku domu (stěny, okna, dveře, střecha, podlaha). [4]

### 2.1.1 TECHNICKÉ PARAMETRE RD PRO VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Nejnáročnější část pro výpočet tepelných ztrát je určení a vypsání všech konstrukcí domu, které se týkají výpočtu. Musíme znát plochu, výšky stropu, teploty v daných místnostech, jednotlivou skladbu konstrukcí (materiál, tloušťka, vlastnosti, ...). Když máme tyto parametry, dokážeme vypočítat součinitel prostupu tepla značen jako  $U$ , který má jednotku  $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$ , nebo ho jednoduše dohledat u výrobců nebo z tabulek na webu.

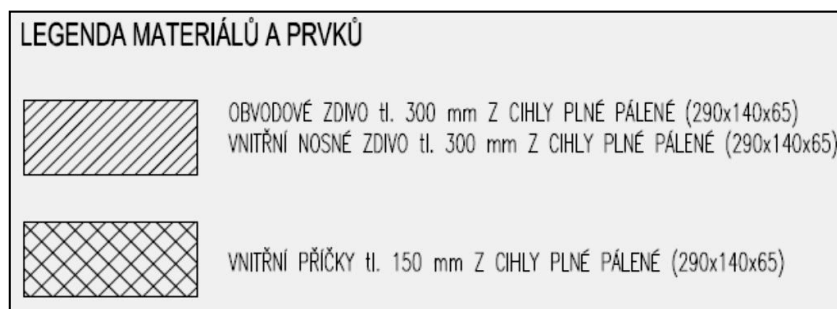
#### 1. Lokalita a vlastnosti budovy:

Kraj: Jihomoravský kraj	Město: Brno
Krajina: S intenzivními větry	Poloha budovy: Chráněná
Venkovní výpočtová teplota $t_e$ : -12 °C	Druh budovy: Osamělá
Charakteristické číslo budovy $B$ : 4 Pa <sup>0,67</sup>	Intenzita výměny vzduchu $n$ : 1 h <sup>-1</sup>
Provoz vytápění: Nepřetržitě	Druh dveří: Těsné s prahy
Délka otopného období $d$ : 222 dnů	Venkovní průměrná teplota $t_{es}$ : 3,6 °C

#### 2. Rozměry:

Půdorysný rozměr $a$ : 13 m	Půdorysný rozměr $b$ : 10 m
Půdorysná plocha místností $P$ : 130 m <sup>2</sup>	Char. číslo místnosti $M$ : 0,5
Konstrukční výška $VK$ : 3,25 m	Světlá výška $VS$ : 2,6 m

#### 3. Materiály:



Obr. 2.3 Legenda materiálů a prvků z programu AutoCAD

- Vnější obvodová konstrukce:
  - Omítka vápenná:  $d = 0,02$  m
  - Zdivo z plných pálených cihel CP 290x140x65:  $d = 0,29$  m
  - Omítka vápenocementová:  $d = 0,03$  m
- Vnitřní nosná konstrukce:
  - Omítka vápenná:  $d = 0,02$  m
  - Zdivo z plných pálených cihel CP 290x140x65:  $d = 0,29$  m
  - Omítka vápenná:  $d = 0,02$  m
- Vnitřní konstrukce:
  - Omítka vápenná:  $d = 0,02$  m
  - Zdivo z plných pálených cihel CP 290x140x65:  $d = 0,14$  m
  - Omítka vápenocementová:  $d = 0,02$  m
- Okno zdvojené – dřevěné: 1500x1200 mm (7 ks)
- Okno zdvojené – dřevěné: 700x700 mm (2 ks)
- Vstupní dveře: 900x1970 mm
- Vnitřní dveře: 900x1970 (1 ks), 800x1970 (3 ks), 600x1970 (3 ks)

4. Místnosti a rozloha:

Tab. 2.2 Legenda místností

ČÍSLO MÍSTNOSTI	POPIS MÍSTNOSTI	m <sup>2</sup>	PODLAHA	STĚNY, STROPY
1.01	WC	1,7	KD	OMÍTKA + MALBA
1.02	PŘEDSÍŇ	5,7	KD	OMÍTKA + MALBA + KOS
1.03	CHODBA	8,7	KD	OMÍTKA + MALBA
1.04	KOUPELNA	5,1	KD	OMÍTKA + MALBA + KOS
1.05	KOTELNA + SUŠÁRNA	11,4	KD	OMÍTKA + MALBA
1.06	POKOJ	16,4	DP	OMÍTKA + MALBA
1.07	LOŽNICE	18,1	DP	OMÍTKA + MALBA
1.08	OBÝVACÍ POKOJ	23,3	DP	OMÍTKA + MALBA
1.09	KUCHYŇ	14,8	KD	OMÍTKA + MALBA
1.10	KOMORA	1,7	KD	OMÍTKA + MALBA
Celková podlahová plocha:		106,8 m <sup>2</sup>		
KD	KERAMICKÁ DLAŽBA			
DP	DŘEVĚNÁ PODLAHA – PARKETY			
KOS	KERAMICKÝ OBKLAD STĚN			

5. Charakteristické vnitřní teploty v místnostech:

Teploty byly převzaty z tabulky pro: „*Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210*“ [8].

Tab. 2.3: Charakteristické vnitřní teploty v místnostech

Druh vytápěné místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $t_i$ [°C]
1.01 WC	20
1.02 PŘEDSÍŇ	15
1.03 CHODBA	15
1.04 KOUPELNA	24
1.05 KOTELNA + SUŠÁRNA	15
1.06 POKOJ	20
1.07 LOŽNICE	20
1.08 OBÝVACÍ POKOJ	20
1.09 KUCHYŇ	20
1.10 KOMORA	15

6. Součinitele prostupu tepla, infiltrace a skladba konstrukcí – PŮVODNÍ STAV:

Tab. 2.4: Součinitele přestupu tepla jednotlivých konstrukcí a infiltrace

Konstrukce	$U$ [W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	$i_{LV}$ [m <sup>3</sup> /m.s.Pa <sup>0,67</sup> ]
Vnější obvodová konstrukce	1,68	-
Vnitřní nosná konstrukce	1,48	-
Vnitřní konstrukce	2,06	-
Podlaha	3,10	-
Strop pod půdou (nevytápěnou)	1,40	-
Okno zdvojené	2,80	1,40E-04
Standardní domovní dveře venkovní	3,50	5,60E-04
Dveře vnitřní plné	2,00	-
Střecha	2,20	-

Hodnoty pro vnitřní dveře a okna byly převzaty z tabulky: „*Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3 (1994)*“ [7] celé znění viz. Příloha č. 1.

Druhy oken a dveří	Normové hodnoty		Výpočtová hodnota součinitele prostupu tepla	
	Součinitel prostupu tepla	Součinitel spárové průvzdušnosti		
	$k_{ok,n}$	$i_{LV} \cdot 10^{-4}$		
	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	$[m^{-2} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-n}]$		
2 Zdvojená okna				
2.1	se dvěma skly	2,40	1,40	2,80
2.2	se třemi skly s izolačním dvojsklem na vnitřní straně okna	1,70	1,40	2,00

Obr. 2.4 Výpočtová hodnota součinitele prostupu tepla oken a dveří [7]

Hodnoty pro stěny byli získáni pomocí výpočetní tabulky: „Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci“ z portálu TZB-info. [5]

Konstrukce původních vnitřních stěn jsou v Příloze č. 2. Pro názornost uvedu náhled tvorby vnější obvodové konstrukce (již počítáno s lokalitou Brno,  $t_e = -12^\circ C$ ):

- a.) Výběr typu stěny: **obvodová stěna**  
 vnitřní stěna  
 střecha  
 strop pod nevytápěným prostorem  
 podlaha nad sklepem  
 podlaha nad venkovním prostorem
- b.) Konstrukce: **jednoplášťová**  
 dvoupplášťová
- c.) Materiál: postupujeme zevnitř směrem ven  
 (omítky, zdivo, zateplovací materiál, omítky nebo vkládáme se seznamu jiné materiály pro daný typ konstrukce)

**TYP KONSTRUKCE** tzbinfo

stěna obvodová ▼ jednoplášťová konstrukce ▼

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si}$  0.13 m<sup>2</sup>K/W  $\theta_0 = 13.48^\circ C$  ?

j	Materiál	d [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]	
1	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenná	0,02	0,88	0.023	12.23	↓
2	<input checked="" type="checkbox"/> Zdivo z plných pálených cihel CP	0,29	0,78	0.372	-8.15	↑ ↓
3	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenocementová	0,03	0,99	0.03	-9.81	↑

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $R_{se}$  0.04 m<sup>2</sup>K/W  $\theta_e = -12^\circ C$

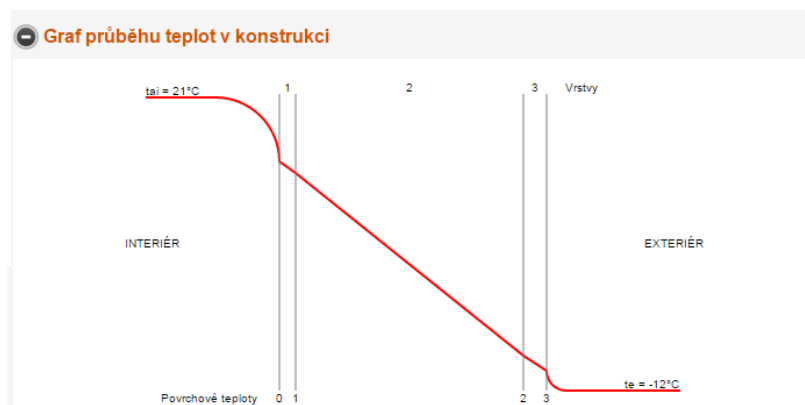
Celková tloušťka konstrukce  $d = 0.34$  m

Tepelný odpor konstrukce  $R = 0.42$  m<sup>2</sup>K/W

Obr. 2.5 Náhled výpočtu součinitele prostupu tepla (a,b,c)



d.) Graf: automaticky se nám tvoří graf průběhu teplot



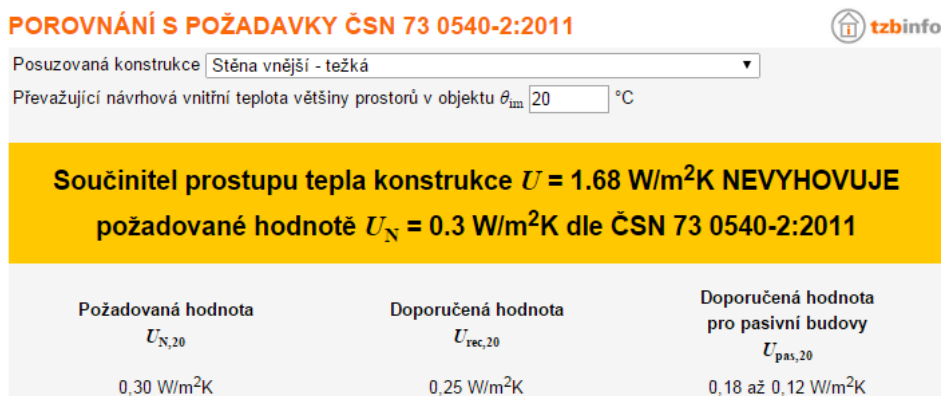
Obr. 2.6 Náhled grafu průběhu teplot v konstrukci (d)

e.) Vyhodnocení konstrukce: program nám dle normy ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946 vypočte potřebný součinitel prostupu tepla  $U$  a odpor při prostupu tepla konstrukcí  $R_T$



Obr. 2.7 Vyhodnocení konstrukce  $U$  a  $R_T$  (e)

f.) Porovnání s požadavky: po zvolení posuzované konstrukci nám vypočtený součinitel prostupu tepla porovná s požadovanou a vypíše, zda-li splňujeme podmínku a vypíše doporučenou hodnotou a hodnotu pro pasivní dům dle normy ČSN 73 0540-2 .



Obr. 2.8 Porovnání s požadavky ČSN 73 0540-2 (f) [5]

Orientační hodnoty prostupu tepla pro podlahu, strop, domovní dveře byl odečten z: „On-line kalkulačky úspor a dotací Zelená úsporám“, protože nebylo známe konkrétní složení vrstev podlahy - jedná se pouze o starší modelový dům. [6]

OCHLAZOVANÉ KONSTRUKCE OBJEKTU / ZATEPLENÍ, VÝMĚNA OKEN							
Konstrukce	Součinitel prostupu tepla před zateplením $U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	Tloušťka zateplení d [mm] ? / nová okna $U_i$ [W/m <sup>2</sup> K]	Plocha $A_i$ [m <sup>2</sup> ]	Činitel teplotní redukce $\beta_i$ [-] ?		Měrná ztráta prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot \beta_i$ [W/K]	
				Před úpravami	Po úpravách	Před úpravami	Po úpravách
Stěna 1	1.4		200	1.00	1.00	280	280
Stěna 2				1.00	1.00	0	0
Podlaha na terénu	0.25		100	0.40	0.40	10	10
Podlaha nad sklepem (sklep je celý pod terénem)	podlaha bez tepelné izolace $U = 3.10$ W/m <sup>2</sup> K			0.45	0.45	0	0
Podlaha nad sklepem (sklep částečně nad terénem)	podlaha s tepelnou izolací 3 cm $U = 0.94$ W/m <sup>2</sup> K			0.65	0.65	0	0
	podlaha s tepelnou izolací 5 cm $U = 0.68$ W/m <sup>2</sup> K						
	podlaha s tepelnou izolací 8 cm $U = 0.43$ W/m <sup>2</sup> K			1.00	1.00	220	220
Střecha	podlaha s tepelnou izolací 10 cm $U = 0.35$ W/m <sup>2</sup> K						
Strop pod půdou	podlaha s tepelnou izolací 15 cm $U = 0.25$ W/m <sup>2</sup> K			0.80	0.95	0	0
	strop bez tepelné izolace $U = 1.40$ W/m <sup>2</sup> K			1.00	1.00	89.3	89.3
Okna - typ 1	strop s tepelnou izolací 5 cm $U = 0.51$ W/m <sup>2</sup> K			1.00	1.00	0	0
Okna - typ 2	strop s tepelnou izolací 10 cm $U = 0.31$ W/m <sup>2</sup> K						
	strop s tepelnou izolací 16 cm $U = 0.21$ W/m <sup>2</sup> K			1.00	1.00	7	7
Vstupní dveře	nové kvalitní domovní dveře $U = 1.2$ W/m <sup>2</sup> K			1.00	1.00	0	0
Jiná konstrukce - typ 1	domovní dřevěné dveře bez výplně $U = 2.6$ W/m <sup>2</sup> K						
Jiná konstrukce - typ 2	standardní starší domovní dveře $U = 3.5$ W/m <sup>2</sup> K			1.00	1.00	0	0
	domovní dřevěné dveře s jedním sklem $U = 4.7$ W/m <sup>2</sup> K						
	domovní kovové dveře s jedním sklem $U = 6.5$ W/m <sup>2</sup> K						

Obr. 2.9 Odečet hodnot součinitele prostupu tepla pro podlahu, strop a dveře z kalkulačky pro výpočet úspor a dotací Zelená úsporám [6]

## 2.1.2 CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA

Výpočet lze provést přes kalkulátor „Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210“ na stránkách TZB-info s pomocí nápověd [4] nebo pomocí vzorců ručně. Já jsem si vytvořil vlastní výpočet v programu Microsoft Office Excel pro každou místnost. Snažil jsem se dosáhnout lepší přehlednosti a názornosti pro následující úpravy vedoucí k snížení nákladů za energie RD.

Výpočet celkové tepelné ztráty  $Q_C$  dle normy ČSN 06 0210 vychází z předpokladu součtu tepelné ztráty prostupem  $Q_P$  a tepelné ztráty větráním  $Q_V$  a odečtením tepelných zisků  $Q_Z$ . Nevýhodou této normy je, že ztráty tepelnými mosty při výpočtu neuvažuje.

$$Q_C = Q_P + Q_V - Q_Z \quad [W] \quad (2.2)$$

### 2.1.2.1 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM

Nejdříve je nutno zjistit jednotlivé ztráty prostupem přes stěny v daných místnostech  $Q_{o,j}$ . Vypočítá se ze vzorce:

$$Q_{o,j} = U_j \times S_j \times (t_i - t_{e,j}) \quad [W] \quad (2.3)$$

kde:

$U_j$  ... Součinitel prostupu tepla jednotlivé konstrukce [ $W.K^{-1}.m^{-2}$ ]

$S_j$  ... Plocha jednotlivé konstrukce, přes kterou teplo prochází [ $m^2$ ]

$t_i$  ... Teplota uvnitř v místnosti (IN) [ $^{\circ}C$ ]

$t_{e,j}$  ... Teplota na druhé straně dané konstrukce (OUT) [ $^{\circ}C$ ]

Z jednotlivých ztrát prostupem se vypočte celková ztráta prostupem tepla přes všechny stěny  $Q_o$ :

$$Q_o = \sum_j Q_{o,j} \quad [W] \quad (2.4)$$

Dále spočteme průměrný součinitel prostupu tepla  $k_c$ :

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \times (t_i - t_{e,j})} \quad \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad (2.5)$$

Tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_p$  se spočte pomocí přírážek a vzorce:

$$Q_p = Q_o \times (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [W] \quad (2.6)$$

$$p_1 = 0,15 \times k_c \quad \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad (2.7)$$

kde:

$p_1$  ... Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [ $W.K^{-1}.m^{-2}$ ]

$p_2$  ... Přírážka na urychlení zátoku – obvykle se neuvažuje. Uvažujeme pouze v případech nemocnic, při bytových výstavbách, kde může nastat situace, že není možnost zajistit nepřerušovanou dodávku tepla [-]

$p_3$  ... Přírážka na světovou stranu viz. Tab. 2.5 Přírážka na světovou stranu [-]

Tab. 2.5: Přírážka na světovou stranu [4]

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přírážka $p_3$	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

## 2.1.2.2 TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM

Tepelná ztráta větráním  $Q_V$  se určuje ze ztrát infiltrací a větracím vzduchem:

$$Q_V = 1300 \times V_V \times (t_i - t_e) \quad [W] \quad (2.8)$$

$$V_V = \max(V_{inf}; V_{V,V}) \quad \left[\frac{m^3}{s}\right] \quad (2.9)$$

kde:

$V_V$  ... Objemový tok větracího vzduchu  $\left[\frac{m^3}{s}\right]$ . Za  $V_V$  se dosadí hodnota, která bude větší z výpočtu hodnoty objemového průtoku vzduchu přes infiltrační spáry  $V_{inf}$  nebo hodnota objemového průtoku větracího vzduchu  $V_{V,V}$ .

Tepelná ztráta infiltrací  $Q_{inf}$  je závislá na velikosti objemového průtoku vzduchu přes infiltrační spáry výplňových konstrukcí:

$$Q_{inf} = 1300 \times V_{inf} \times (t_i - t_e) \quad [W] \quad (2.10)$$

$$V_{inf} = (B + \Delta B) \times M \times \sum(i_L \times L) \quad \left[\frac{m^3}{s}\right] \quad (2.11)$$

kde:

$V_{inf}$  ... Objemový průtok vzduchu přes infiltrační spáry  $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

$B$  ... Charakteristické číslo budovy  $[Pa^{0,67}]$  (závisí na typu krajiny a poloze budovy a rychlosti větru)

$\Delta B$  ... Zvětšení charakteristického čísla budovy  $[Pa^{0,67}]$  (pouze pro budovy s výškou více než 25 m)

$M$  ... Charakteristické číslo místnosti [-] (závisí na počtu a těsnosti dveří) viz. Tab. 2.6 Charakteristické číslo místnosti  $M$ .

Tab. 2.6 Charakteristické číslo místnosti  $M$

M	Charakteristické číslo místnosti M		
	Vnitřní dveře		Charakteristické číslo místnosti M
	Těsnost	Počet	
		Hodnota součinu $i_{iv} \cdot L$ [m <sup>3</sup> /s.Pa <sup>0,67</sup> ]	
netěsné bez prahu	1	< 30.10 <sup>-4</sup>	0,7
		(30 až 50) .10 <sup>-4</sup>	0,5
		>50.10 <sup>-4</sup>	0,4
	2	< 60.10 <sup>-4</sup>	0,7
		(60 až 100) .10 <sup>-4</sup>	0,5
		> 100.10 <sup>-4</sup>	0,4
	3	< 90.10 <sup>-4</sup>	0,7
		(90 až 150) .10 <sup>-4</sup>	0,5
		> 150.10 <sup>-4</sup>	0,4
těsné s prahy	1	< 15.10 <sup>-4</sup>	0,7
		(15 až 25) .10 <sup>-4</sup>	0,5
		> 25.10 <sup>-4</sup>	0,4
	2	<30.10 <sup>-4</sup>	0,7
		(30 až 50) .10 <sup>-4</sup>	0,5
		> 50.10 <sup>-4</sup>	0,4
	3	< 45.10 <sup>-4</sup>	0,7
		(45 až 75) .10 <sup>-4</sup>	0,5
		> 75.10 <sup>-4</sup>	0,4

Tepelná ztráta větracím vzduchem  $Q_{V,V}$ :

$$Q_{V,V} = 1300 \times V_{V,V} \times (t_i - t_e) \text{ [W]} \quad (2.12)$$

$$V_{V,V} = \frac{n \times V_m}{3600} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (2.13)$$

$$V_m = P \times VS \quad (2.14)$$

$$P = a_M \times b_M \quad (2.15)$$

kde:

$V_{V,V}$	... Objemový tok větracího vzduchu $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$
$V_m$	... Vnitřní objem místnosti $[\text{m}^3]$
$P$	... Půdorysná plocha místnosti $[\text{m}^2]$
$VS$	... Světla výška místnosti $[\text{m}]$
$a_M$	... 1. půdorysný rozměr místnosti $[\text{m}]$
$b_M$	... 2. půdorysný rozměr místnosti $[\text{m}]$
$n$	... Intenzita výměny vzduchu $\left[\frac{1}{\text{hod}}\right]$

### 2.1.2.3 TEPELNÝ ZISK

Tepelný zisk  $Q_z$  je vždy kladné číslo. Nejčastěji se počítá s teplem od lidí, od elektrických zařízení v domácnosti a tepelný zisk sluneční radiací oknem. Ale tato hodnota nemůže být použita jako stálá hodnota při výpočtu ztráty budovy, protože ztráty se počítají pro  $-12 \text{ }^\circ\text{C}$  a musí být pokryty výkonem kotle. Jedná se o hodnotu roční nebo pro topnou sezonu. Dá se uvažovat při výpočtu nákladů za vytápění.

Citelné teplo lidí  $Q_L$ , které závisí na teplotě vzduchu a činnosti, je poměrně hodnotná částka tepelného zisku (2.17). Při výpočtu se uvažuje produkce citelného tepla muže 62 W při mírné aktivitě a teplotě vzduchu  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pro ženu nebo dítě je nutno provést přepočty pomocí vzorce (2.16).

$$n_L = 0,85 \times n_z + 0,75 \times n_D + n_M \text{ [-]} \quad (2.16)$$

$$Q_L = n_L \times 6,2 \times (36 - t_i) [\text{W}] \quad (2.17)$$

kde:

$n_L$	... Počet lidí [-]
$n_z$	... Počet žen [-]
$n_D$	... Počet dětí [-]
$n_M$	... Počet mužů [-]

Tepelný zisk od rodiny, která je tvořena mužem, ženou a 2 děti podle vzorce (2.16), (2.17) a celkový zisk dle vzorce (2.18) vychází [13]:

$$n_L = 0,85 \times n_Z + 0,75 \times n_D + n_M = 0,85 \times 1 + 0,75 \times 2 + 1 = 3,35 [-]$$

$$Q_L = n_L \times 6,2 \times (36 - t_i) = 3,35 \times 6,2 \times (36 - 20) = \mathbf{332,32\ W}$$

Rodina se v domácnosti vyskytuje 12 hodin denně ( $n_h = 12$  hod).

Celkové zisky od lidí za topnou sezonu pak vychází:

$$Q_{LTO} = Q_L \times n_h \times d = 332,32 \times 12 \times 222 \quad (2.18)$$

$$Q_{LTO} = \mathbf{884\ 448\ \frac{Wh}{TO} \cong 884,5\ kWh/rok\ (TO)}$$

Dále by bylo vhodné zahrnout i zisky od elektronických spotřebičů  $Q_E$ , které tvoří velkou část tepelných zisků. Pro náš modelový dům tento zisk tvoří hodnotu **1359 Wh/den**. Postup získání této hodnoty se nachází níže v kapitole 2.6 Spotřeba el. energie [11]. Celkem za topné období tato hodnota je **301,7 kWh/rok (TO)**.

Tepelný zisk sluneční radiací oknem  $E_{Zm}$  dle normy dle **ČSN 73 0542** pro daný měsíc nebo topné období se vypočte dle vzorce (2.19) [16]:

$$E_{Zm} = E_{gm} \times A_{ok,p} \times T \times c_m \times c_n [kWh/měs] \quad (2.19)$$

kde:

$E_{Zm}$  ... průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za měsíc [kWh/měs],

$E_{gm}$  ... globální sluneční záření, viz tabulka 1 (Příloha č. 3), [kWh/m<sup>2</sup>.měs],

$E_{gTO}$  ... globální sluneční záření za topné období, viz. tabulka 1 (Příloha č. 3), [kWh/m<sup>2</sup>.rok],

$A_{ok,p}$  ... plocha průsvitné části okna,  $A_{op} = A_o - A_n$ , [m<sup>2</sup>],

$A_o$  ... plocha okna [m<sup>2</sup>],

$A_n$  ... plocha neprůsvitné části okna [m<sup>2</sup>],

$T$  ... celková propustnost slunečního záření okna,  $T = T_1 \times T_2 \times T_3$  [-],

$T_1$  ... propustnost slunečního záření zasklení, viz tabulka 2 (Příloha č. 3), [-],

$T_2$  ... znečištění zasklení, uvažuje se  $T_2 = 0,9$ , není-li známá konkrétní hodnota [-],

$T_3$  ... činitel stínění okna, dle [2] viz tabulka 3 (Příloha č. 3), [-],

$c_m$  ... činitel využití slunečního záření, viz tabulka 4 (Příloha č. 3), [-],

$c_n$  ... činitel korigující skutečnost, že dopad slunečních paprsků není kolmý,

$c_n = 0,9$  [-].

Pro ukázkou je uveden výpočet pro stranu JIH:

$$E_{z(TO-JIH)} = E_{gTO} \times A_{ok,p} \times T \times c_m \times c_n [kWh] \quad (2.19)$$

$$E_{z(TO-JIH)} = 416,99 \times (1,5 \times 1,2 - (2 \times 0,083 \times 1,5 + 3 \times 0,083 \times 1,034)) \times \\ \times (0,81 \times 0,9 \times 1) \times 0,8 \times 0,9 = 416,99 \times (1,8 - 0,51) \times 0,729 \times 0,8 \times 0,9$$

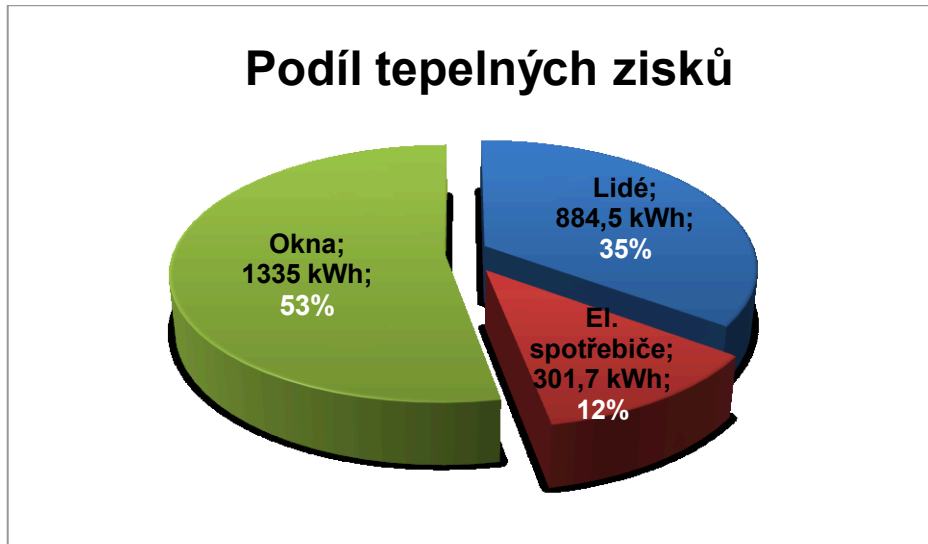
$$E_{z(TO-JIH)} \cong 283,1 \frac{kWh}{ks} \times 3 ks = 849,3 kWh$$

Celkové tepelné zisky ze všech původních zdvojených oken ( $g = 0,729$ ) vycházejí 1335 kWh za topnou sezonu viz. Tab. 2.7 Tepelné zisky okny za topnou sezonu.

Tab. 2.7 Tepelné zisky okny za topnou sezonu

SEVER	$E_{z(TO-SEVER)} =$	159,6 kWh
JIH	$E_{z(TO-JIH)} =$	849,3 kWh
ZÁPAD	$E_{z(TO-ZÁPAD)} =$	326,3 kWh
VÝCHOD	$E_{z(TO-VÝCHOD)} =$	0,0 kWh
<b>CELKEM:</b>	<b><math>E_{z(TO)} =</math></b>	<b>1335 kWh</b>

Celkový zisk  $Q_z$  po sečtení vychází celkem 2521 kWh/rok.



Graf. 2.1 Procentuální podíl tepelných zisků

Pro zajímavost při novém okně je zisk okny:

- dvojsklo  $g = 0,63$  ( $U_g = 1,1$ ) je zisk okny 1154 kWh (o 13,6 % méně)
- trojsklo  $g = 0,51$  ( $U_g = 0,7$ ) je zisk okny 934 kWh (o 30 % méně)
- trojsklo  $g = 0,36$  ( $U_g = 0,5$ ) je zisk okny 659 kWh (o 50,6 % méně).

### 2.1.2.4 MĚRNÁ TEPELNÁ ZTRÁTA NA 1 m<sup>3</sup>

Měrná tepelná ztráta vztažená na 1 m<sup>3</sup> vytápěného objemu místnosti je podíl celkové tepelné ztráty místnosti  $Q_c$  a vytápěného objemu místnosti  $V$ .

$$q_c = \frac{Q_c}{V} \left[ \frac{W}{m^3} \right] \quad (2.20)$$

$$V = P \times VK \quad (2.21)$$

kde:

VK ... Konstrukční výška místnosti [m]

### 2.1.3 VÝPOČET MODELOVÉ MÍSTNOSTI

Názorný výpočet je vysvětlen na místnosti označené 1.08 OBÝVACÍ POKOJ, výsledek je na konci podkapitoly v Tab. 2.9 Výpočet modelové místnosti 1.08 OBÝVACÍ POKOJ v programu Microsoft Office Excel. Ostatní místnosti jsou uvedeny v Příloze č.8 (elektronická verze).

Po zadání rozměrů půdorysu, výšky a orientaci místnosti do tabulky, program spočte půdorysní plochu  $P$  a objem místnosti. Navolím přírážku  $p_3$  podle orientace, tudíž jihozápad je nula.

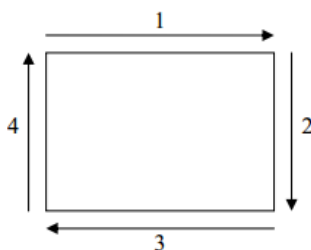
Následně přidávám typ konstrukce s označením podle normy viz. Tab. 2.8 Typ konstrukce.

Tab. 2.8 Typ konstrukce

Typ konstrukce	
SO	stěna venkovní (ochlazovaná)
OZ	okno zdvojené
SN	stěna vnitřní (neochlazovaná i ochlazovaná)
DN	dveře vnitřní (neochlazované)
PDL	podlaha
STR	strop
SCH	střecha
DO	dveře venkovní (ochlazované)
OJ	okno jednoduché
OD	okno dvojité
SSJ	stěna skleněná jednoduchá
SSD	stěna skleněná dvojitá



Pro lepší přehlednost se doporučuje přidávat konstrukce ve směru hodinových ručiček podle Obr. 2.10 Značení konstrukcí.



Obr. 2.10 Značení konstrukcí

Po zapsání konstrukce se zapíše součinitel prostupu tepla  $U$  a vnitřní půdorysný rozměr a konstrukční výšku nebo při otvorech druhý rozměr okna nebo dveří. Pokud v konstrukci máme otvor, je potřeba ho odečíst. Získáme plochu konstrukce. Pro daný typ konstrukce zapíšeme teplotu vnitřní a venkovní a podle vzorce (2.3) spočítáme tepelnou ztrátu pro danou konstrukci.

Pro SO JIH (stěna obvodová, orientace JIH, 1x OKNO 700x700 mm):

$$Q_{o,j} = U_j \times S_j \times (t_i - t_{e,j}) = 1,68 \times 13,313 \times (20 - (-12)) = 715,7 \text{ W} \quad (2.3)$$

Stejným způsobem se výpočet provede pro všechny konstrukce, kdy sečtením všech dílčích tepelných ztrát získáme součet ztrát prostupem tepla přes všechny stěny  $Q_o$ .

$$Q_o = \sum_j Q_{o,j} = 716 + 161 + \dots + 651 = 3547,2 \text{ W} \quad (2.4)$$

Tepelnou ztrátu prostupem tepla  $Q_p$  vypočteme dle vzorce (2.6). Předtím je však nutnost spočít průměrný součinitel prostupu tepla  $k_c$  ze vzorce (2.5)

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \times (t_i - t_{e,j})} = \frac{3547,2}{109,23 \times (20 - (-12))} = 1,0149 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} Q_p &= Q_o \times (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 3547,2 \times (1 + 0,15 \times k_c + p_2 + p_3) = \\ &= 3547,2 \times (1 + 0,1522 + 0 + 0) = 4087,19 \text{ W} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dále provedeme výpočet tepelné ztráty infiltrací a větracím vzduchem, protože se v místnosti nachází okna i dveře a větší hodnotu použijeme pro výpočet tepelné ztráty větráním  $Q_v$ .

$$\begin{aligned} V_{inf} &= (B + \Delta B) \times M \times \sum (i_L \times L) = \\ &= (8 + 0) \times 0,5 \times (1,4 \times 10^{-4} \times 5,4) \times 2 = \\ &= 6,048 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$Q_{inf} = 1300 \times V_{inf} \times (t_i - t_e) =$$

$$= 1300 \times 6,048 \times 10^{-3} \times (20 - (-12)) = 251,6 \text{ W} \quad (2.10)$$

$$V_{V,V} = \frac{n \times V_m}{3600} = \frac{1,0 \times 60,45}{3600} = 16,79 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (2.13)$$

$$Q_{V,V} = 1300 \times V_{V,V} \times (t_i - t_e) =$$

$$= 1300 \times 16,79 \times 10^{-3} \times (20 - 12) = 698,53 \text{ W} \quad (2.12)$$

$$Q_V = 1300 \times V_V \times (t_i - t_e) = Q_{V,V} = 698,53 \text{ W} \quad (2.8)$$

S tepelným ziskem se neuvažuje:  $Q_Z = 0 \text{ W}$ .

Celková tepelná ztráta tedy činí:

$$Q_C = Q_P + Q_V - Q_Z = 4087,19 + 698,53 - 0 = \mathbf{4785,72 \text{ W}} \quad (2.2)$$

Měrná tepelná ztráta vztažena na 1 m<sup>3</sup> vytápěného objemu místnosti vychází:

$$q_c = \frac{Q_C}{V} = \frac{4785,72}{75,56} = \mathbf{63,33 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}} \quad (2.20)$$

Tab. 2.9 Výpočet modelové místnosti 1.08 OBÝVACÍ POKOJ  
v programu Microsoft Office Excel

ČÍSLO A NÁZEV MÍSTNOSTI:			1.08 OBÝVACÍ POKOJ										
1. rozměr půdorysu a:	4,65 m	Orientace místnosti	JZ		Intenzita výměny vzduchu n:	1 h <sup>-1</sup>							
2. rozměr půdorysu b:	5 m	Půdorysní plocha P:	23,25 m <sup>2</sup>		Přirážka p1:	0,1522							
Konstrukční výška VK:	3,25 m	Vytápěný objem V:	75,5625 m <sup>3</sup>		Přirážka p2:	0							
Světla výška VS:	2,60 m	Objem místnosti Vm:	60,45 m <sup>3</sup>		Přirážka p3:	0							
Vypočtená plocha obálkových konstrukcí ΣS <sub>1</sub> :			109,23 m		Světová strana								
Sečtená plocha všech obálkových konstrukcí ΣS <sub>2</sub> :			109,23 m		Přirážka p <sub>3</sub>								
					J	JZ	Z						
					SZ	S	SV						
					V	JV							
					-0,05	0	0						
					0,05	0,1	0,05						
					0,05	0							
TYP KONSTRUKCE (ORIENTACE)	POČET [-]	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA U [W/m <sup>2</sup> K]	PLOCHA KONSTRUKCE				Venkovní výpočtová teplota t <sub>e</sub> [°C]	Vnitřní výpočtová teplota t <sub>i</sub> [°C]	ROZDÍL TEPLOT Δt [°C]	TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>0</sub> [W]	Infiltrace i <sub>lv</sub> [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .Pa <sup>0,67</sup> .h]	Délka spárý L [m]	
SO - JIH	1	1,68	4,65	3,25	1	15,113	1,80	13,313	-12	20	32°C	716	-
OZ - JIH	1	2,80	1,50	1,20	-	1,800	-	1,800	-12	20	32°C	161	0,00014
SO - ZÁPAD	1	1,68	5,00	3,25	1	16,250	1,80	14,450	-12	20	32°C	777	-
OZ - ZÁPAD	1	2,80	1,50	1,20	-	1,800	-	1,800	-12	20	32°C	161	0,00014
SN - SEVER	1	2,06	4,65	3,25	1	15,113	1,77	13,340	20	20	°C	0	-
DN - SEVER	1	2,00	0,90	1,97	-	1,773	-	1,773	20	20	°C	0	-
SN - VÝCHOD	1	1,48	5,00	3,25	-	16,250	-	16,250	20	20	°C	0	-
PDL	1	3,10	4,65	5,00	-	23,250	-	23,250	5	20	15°C	1081	-
STR	1	1,40	4,65	5,00	-	23,250	-	23,250	0	20	20°C	651	-
SOUCET ZTRÁT PROSTUPEM TEPLA PŘES VŠECHNY STĚNY ΣQ <sub>0</sub>			3547,20 W				TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRACÍM VZDUCHEM Q <sub>v,v</sub>			698,53 W			
PRŮMĚRNÝ SOUČ. PROSTUPU TEPLA k <sub>c</sub>			1,0149 W/m <sup>2</sup> K				TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM Q <sub>v</sub>			698,53 W			
TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM TEPLA Q <sub>P</sub>			4087,19 W				TEPELNÝ ZISK Q <sub>z</sub>			0,00 W			
TEPELNÁ ZTRÁTA INFILTRACÍ Q <sub>INF</sub>			251,60 W				CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub>			4786 W			
CHAR. ČÍSLO BUDOVY B:			8 Pa <sup>0,67</sup>				MĚRNÁ TEP. ZTRÁTA q <sub>c</sub>			63,33 W/m <sup>3</sup>			
CHAR. ČÍSLO MÍSTNOSTI M:			0,5										

### 2.1.4 CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA ZVOLENÉHO OBJEKTU

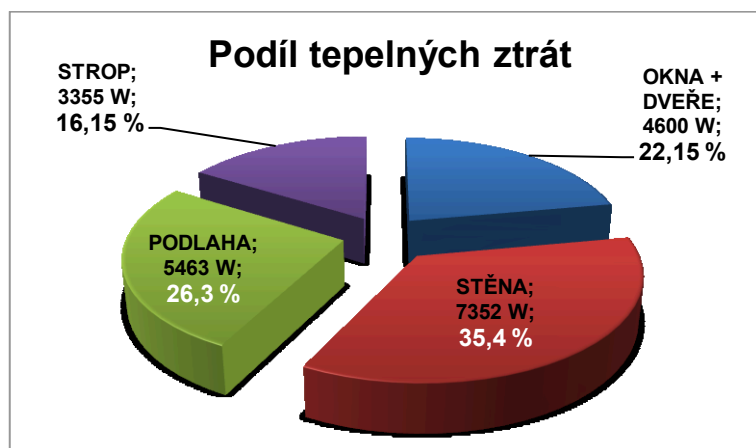
Celková tepelná ztráta  $Q_c$  daného objektu vychází 20,77 kW. Jedná se o součet všech ztrát daných místností, které jsou zapsány do tabulky Tab. 2.10 Celková tepelná ztráta.

Tab. 2.10 Celková tepelná ztráta

Druh vytápění místnosti	$\Sigma Q_o$ [W]	$k_c$ [W/m <sup>2</sup> K]	$Q_p$ [W]	$Q_{inf}$ [W]	$Q_{v,v}$ [W]	$Q_v$ [W]	$Q_z$ [W]	$Q_c$ [W]	$q_c$ [W/m <sup>3</sup> ]
1.01 WC	207,05	0,5029	222,66	0	31,55	31,55	0	254	46,56
1.02 PŘEDSÍŇ	498,3	0,4338	580,56	451,3	143,73	451,3	0	1032	56
1.03 CHODBA	177,77	0,2041	183,21	0	-40,91	0	0	183	6,47
1.04 KOUPELNA	1351,55	0,9348	1676,22	141,52	173,39	173,39	0	1850	110,94
1.05 KOTELNA + SUŠÁRNA	1428,05	0,7894	1668,55	106,14	288,99	288,99	0	1958	52,84
1.06 POKOJ	2787,12	0,994	3202,67	125,8	491,23	491,23	0	3694	69,52
1.07 LOŽNICE	2272,96	0,7775	2424,4	125,8	542,38	542,38	0	2967	50,57
1.08 OBÝVACÍ POKOJ	3547,2	1,0149	4087,19	251,6	698,53	698,53	0	4786	63,33
1.09 KUCHYŇ	2614,1	0,9317	3110,14	251,6	445,63	455,63	0	3556	73,76
1.10 KOMORA	331,64	0,4829	388,83	104,96	62,87	104,96	0	494	61,27
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :								20774	591,26

Z toho konkrétně tvoří:

- OKNA + DVEŘE: 4600 W (ztráty: 1680 W + větrání: 2920 W)
- STĚNA: 7352 W
- PODLAHA: 5463 W
- STROP: 3355 W



Graf. 2.2 Percentuální podíl tepelných ztrát

## 2.2 VÝPOČET POTŘEBY TEPLA PRO VYTÁPĚNÍ

Výpočet potřeby tepla je pro nás lepší ukazatel než výpočtová tepelná ztráta objektu. Jedná se o přímý údaj k dané nemovitosti. Výpočet lze provést skrz webového nástroje: „*Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody*“ [9].

Jelikož nás prvně zajímá pouze potřeba tepla pro vytápění, budeme používat pouze levý sloupeček a pravý vyškrtáme a uděláme až v další podkapitole.

Vyplníme už známé hodnoty pomocí Tab. 2.1 Venkovní výpočtové teploty dle lokalit, jako je lokalita a mezní teplota  $t_{em}$ . Teplotu  $t_{em}$  lze zvolit z hodnot 12, 13, 15 °C. Hodnota 12 °C se volí pro těžké konstrukce s větší tepelnou kapacitou, která má schopnost reagovat na změny teplot venku. Jedná se o budovy se stěnou z plných cihel, jako v našem případě, zvláště pokud je zateplena. Pro lehké konstrukce, jako jsou dřevostavby, volíme teplotu 15 °C.

Po zadání  $t_{em} = 12$  °C se nám automaticky doplní délka topného období  $d = 222$  dnů a průměrná teplota během topného období  $t_{es} = 3,6$  °C.

Dále zadáme vypočtenou hodnotu tepelné ztráty objektu a průměrnou vnitřní výpočtovou teplotu  $t_{is} = 18,6$  °C. Teplota  $t_{is}$  se pro obytné budovy pohybuje od 18,2 do 19,1 °C.

Pomocí vzorce (2.22) spočteme vytápěcí denostupně:

$$D = d \times (t_{is} - t_{es}) = 222 \times (18,6 - 3,6) = 3330 \text{ K.dny} \quad (2.22)$$

Celková roční potřeba energie na vytápění  $Q_{VYT}$  se pak spočte dle vzorce (2.23):

$$Q_{VYT} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \times \eta_r} \times \frac{24 \times Q_C \times D}{(t_{is} - t_{es})} \times 3,6 \times 10^{-3} \frac{\text{GJ}}{\text{rok}} \quad (2.23)$$

$$\varepsilon = e_i \times e_t \times e_d [-] \quad (2.24)$$

kde:

$\varepsilon$  ... Opravný součinitel [-]

$e_i$  ... Součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem  
Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10 - 20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel v rozmezí 0,8 až 0,9 [-]

Pro daný objekt volím hodnotu: 0,85 [-]

$e_t$  ... Součinitel snížení teploty v místnosti během dne respektive noci.

V některých objektech je vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne. Volí se v rozmezí 0,8 např. pro školy s polodenním vyučováním až po 1,0 pro nemocnice, kde se vyžaduje 100% výkon otopné soustavy po celých 24 hodin.

Pro daný objekt volím hodnotu: 0,90 [-]

- $e_d$  ... Součinitel zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu  
Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel  $e_d$  v rozmezí od 1,0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0,9 pro budovy se šestidenním a 0,8 pro budovy s pětidenním provozem.  
Pro daný objekt volím hodnotu: 1,00 [-]
- $\eta_o$  ... Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy  
Volí se v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení kotelny na sekce až po 1,0 pro plynovou kotelnu s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací.  
Pro daný objekt volím hodnotu: 1,00 [-]
- $\eta_r$  ... Účinnost rozvodu vytápění  
Volí se v rozmezí 0,95 až 0,98 podle provedení. [9]  
Pro daný objekt volím hodnotu: 0,95 [-]

Celková roční potřeba energie na vytápění  $Q_{VYT}$  tedy vychází:

$$\varepsilon = e_i \times e_t \times e_d = 0,85 \times 0,90 \times 1,00 = 0,765 [-] \quad (2.24)$$

$$Q_{VYT} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \times \eta_r} \times \frac{24 \times Q_C \times D}{(t_{is} - t_e)} \times 3,6 \times 10^{-3}$$

$$Q_{VYT} = \frac{0,765}{1,0 \times 0,95} \times \frac{24 \times 20,77 \times 3330}{(18,6 - (-12))} \times 3,6 \times 10^{-3} = 157,3 \frac{\text{GJ}}{\text{rok}} \quad (2.23)$$

$$Q_{VYT} = 157,3 \frac{\text{GJ}}{\text{rok}} = 43,68 \text{ MWh/rok}$$

Celková roční potřeba energie na vytápění s tepelnými zisky  $Q_{VYT}^*$  vychází:

$$Q_{VYT}^* = Q_{VYT} - Q_Z = 43,68 - 2,52 = 41,16 \text{ MWh/rok}$$

## 2.3 VÝPOČET POTŘEBY TEPLA NA OHŘEV TEPLÉ VODY

Výpočet potřeby tepla na ohřev teplé vody provedu pomocí stejného webového nástroje. Jedná se o pravý sloupeček [9].

Můžeme pracovat na stejné stránce, ušetříme tím už předtím zvolené hodnoty lokality a teplot. Vyplníme pouze ostatní parametry, které nám však program předem vyplnil podle empirických dat, ale je možné je změnit, pokud nám jsou známy konkrétní hodnoty.

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody se spočítá podle vzorce (2.25):

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \times \frac{\rho \times c \times V_{2p} \times (t_2 - t_1)}{3600} \text{ [kWh]} \quad (2.25)$$

kde:

$t_1$  ... Teplota studené vody [ $^{\circ}\text{C}$ ], obvykle  $10^{\circ}\text{C}$

$t_2$  ... Teplota ohřáté vody [ $^{\circ}\text{C}$ ], obvykle  $55^{\circ}\text{C}$

$V_{2p}$  ... Celková potřeba teplé vody za 1 den [ $\text{m}^3/\text{den}$ ]

U staveb pro bydlení uvažujeme  $0,082 \text{ m}^3/\text{osobu den}$ , minimálně však  $0,2 \text{ m}^3/\text{byt den}$ .

$z$  ... Koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody.

Pro běžné stavby uvažujeme s hodnotou 50 až 100 % podle provedení rozvodu a doby cirkulace. (já uvažuji s hodnotou **0,5**)

- rozvody v nových stavbách  $z = \text{max. } 0,5$

- okružkové rozvody  $z = \text{max. } 1,0$

- rozvody ve starších stavbách  $z = 2$  až  $4$  (vychází se z provedených měření).

$\rho$  ... Měrná hmotnost vody [ $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ]

$c$  ... Měrná tepelná kapacita vody [ $4186 \text{ J}/\text{kgK}$ ].

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody po dosazení hodnot vychází:

$$Q_{\text{TUV,d}} = (1 + z) \times \frac{\rho \times c \times V_{2p} \times (t_2 - t_1)}{3600}$$

$$Q_{\text{TUV,d}} = (1 + 0,5) \times \frac{1000 \times 4186 \times (4 \times 0,082) \times (55 - 10)}{3600} \cong 25,7 \text{ kWh (2.25)}$$

Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody se spočítá podle vzorce (2.26), kde se musí zahrnout především změny teplot studené vody v zimním a letním provozu:

$$Q_{\text{TUV,r}} = Q_{\text{TUV,d}} \times d + 0,8 \times Q_{\text{TUV,d}} \times \frac{(t_2 - t_{\text{SV,L}})}{(t_2 - t_{\text{SV,Z}})} \times (N - d) \text{ [MWh/rok] (2.26)}$$

kde:

$t_{\text{SV,L}}$  ... Teplota studené vody v letním období [ $^{\circ}\text{C}$ ], obvykle  $15^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{SV,Z}}$  ... Teplota studené vody v zimním období [ $^{\circ}\text{C}$ ], obvykle  $5^{\circ}\text{C}$

$N$  ... Počet pracovních dní v roce [ $\text{den}$ ].

Uvažujeme s celoročním ohřevem vody: 365 dní

Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody po dosazení hodnot do (2.26) vychází:

$$Q_{\text{TUV,r}} = 25,7 \times 222 + 0,8 \times 25,7 \times \frac{(55 - 15)}{(55 - 5)} \times (365 - 222) = \mathbf{8,1 \text{ MWh/rok}}$$

Pro porovnání  $Q_{\text{TUV,r}} = \mathbf{29,1 \text{ GJ/rok}}$ .

## 2.4 CELKOVÁ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY

Celková potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody:

$$Q_r = Q_{VYT} + Q_{TUV,r} = \begin{cases} 157,3 + 29,1 = 186,4 \frac{\text{GJ}}{\text{rok}} \\ 43,7 + 8,1 = 51,8 \frac{\text{MWh}}{\text{rok}} \end{cases}$$

<b>Lokalita (Tabulka)</b>		<input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ °C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ °C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ °C}$ <span style="color: red;">???</span>
<b>Město</b>	Brno	<b>Délka topného období</b> $d = 222$ [dny]
<b>Venkovní výpočtová teplota <math>t_e</math></b> = -12 °C	<b>Prům. teplota během otopného období <math>t_{es}</math></b> = 3.6 °C	
<div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b> </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b> </div> </div>		
<b>Tepelná ztráta objektu</b> $Q_c = 20,77$ kW	<b>Průměrná vnitřní výpočtová teplota <math>t_{is}</math></b> = 18,6 °C <span style="color: red;">???</span>	<b><math>t_1</math></b> = 10 °C <span style="color: red;">???</span> $\rho = 1000$ kg/m <sup>3</sup> <span style="color: red;">???</span>
<b>Vytápěcí denostupně</b> $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3330$ K.dny	<b>Opravné součinitele a účinnosti systému</b> $e_i = 0.85$ <span style="color: red;">???</span> $\eta_o = 1$ <span style="color: red;">???</span> $e_t = 0.90$ <span style="color: red;">???</span> $\eta_r = 0.95$ <span style="color: red;">???</span> $e_d = 1.00$ <span style="color: red;">???</span>	<b><math>t_2</math></b> = 55 °C <span style="color: red;">???</span> $c = 4186$ J/kgK <span style="color: red;">???</span> <b><math>V_{2p}</math></b> = 0.328 m <sup>3</sup> /den <span style="color: red;">???</span>
<b>Opravný součinitel <math>\varepsilon</math> <span style="color: red;">???</span></b> <input checked="" type="radio"/> $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$ <input type="radio"/> $\varepsilon = 0.765$	<b>Koeficient energetických ztrát systému <math>z</math></b> = 0,5 <span style="color: red;">???</span>	<b>Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody</b> $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7$ kWh
<b>Opravný součinitel <math>\varepsilon</math> <span style="color: red;">???</span></b> $Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$	<b>Teplota studené vody v létě</b> $t_{svl} = 15$ °C <b>Teplota studené vody v zimě</b> $t_{svz} = 5$ °C <b>Počet pracovních dní soustavy v roce <math>N</math></b> = 365 [dny]	$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$
$Q_{VYT,r} = \left( \begin{matrix} 157.3 \text{ GJ/rok} \\ 43.7 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right)$ <span style="color: red;">Náklady</span>	$Q_{TUV,r} = \left( \begin{matrix} 29.1 \text{ GJ/rok} \\ 8.1 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right)$ <span style="color: red;">Náklady</span>	
<b>Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody</b> $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left( \begin{matrix} 186.3 \text{ GJ/rok} \\ 51.8 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right)$ <span style="color: red;">Náklady</span>		

Obr. 2.11 Výpočet celkové roční potřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody pomocí webového nástroje [9]

Celková potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody s využitím tepelných zisků:

$$Q_r^* = Q_{VYT}^* + Q_{TUV,r} = 41,2 + 8,1 = 49,3 \frac{\text{MWh}}{\text{rok}}$$



## 2.5 NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY

Jelikož poznáme celkovou roční potřebu energie na vytápění, spočteme, kolik za ni zaplatíme. Pro daný typ objektu jsem volil způsob vytápění: běžný plynový kotel, který nemá účinnost 100 %, ale pouze 89 %. Je nutnost počítat i s měsíčním poplatkem u daného dodavatele. Pro porovnání pouze nákladů za vytápění a výpočet roční částky nám poslouží další velmi užitečný nástroj: „Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva“ [10]. Tento program počítá s přesně vloženými hodnotami z předchozího výpočtu.

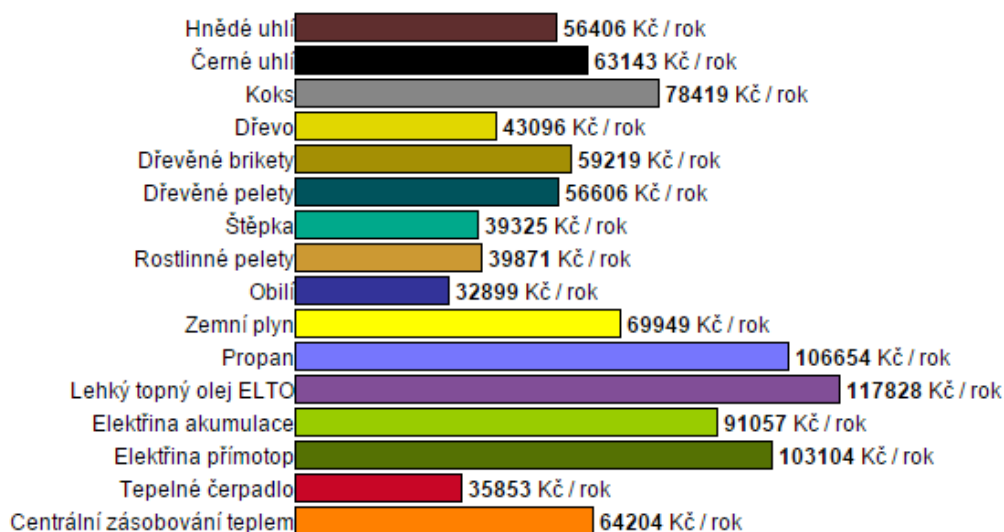
Zadáme spotřebu a distribuční území (Brno = E.ON Distribuce) a typ vytápění. Program nám vygeneruje celkovou částku s měsíčním poplatkem a vypíše jiné možnosti vytápění, výborné pro porovnání při investici do nového zařízení. Dále je možné zadat spotřebu elektrické energie, která je blíže popsána v kapitole 2.6.

<input checked="" type="radio"/> Spotřeba tepla:	157,3 GJ = 43,7 MWh
<input type="radio"/> Spotřeba paliva:	5191 Zemní plyn (m3) - Kotel běžný (89%)

Obr. 2.12 Zapsání spotřeby tepla na vytápění do tabulky ve výpočetním programu [10]

Náklady na vytápění Výpočtová spotřeba tepla = 157,3 GJ					
Druh paliva (Výhřevnost) (Volba tarifu)	Cena paliva v Kč	Spalovací zařízení (Průměrná účinnost v %) <input type="checkbox"/> zadat vlastní účinnost	Cena tepla <input type="radio"/> Kč/GJ <input checked="" type="radio"/> Kč/kWh	Spotřeba paliva / rok	Náklady na vytápění Kč / rok
<b>Zemní plyn</b> (spalné teplo 37,82 MJ/m <sup>3</sup> ) <i>cený</i> Dodavatel: RWE Energie, a.s. Spotřeba plynu: 40000 - 45000 kWh /rok	1,20727 /kWh vztahena ke spalnému teplu ??? 12,68 Kč/m <sup>3</sup> + 343 Kč/měsíc	Kotel běžný (89%) účinnost je vztahena k výhřevnosti ZP ???	1,6	54507 kWh 5191 m <sup>3</sup>	<b>69949,-</b>

Obr. 2.13 Celkové roční náklady za vytápění (plyn. kotel) [10]



Obr. 2.14 Grafické znázornění nákladů na vytápění pro různé typy paliv [10]



Z Obr. 2.14 Grafické znázornění nákladů na vytápění pro různé typy paliv je krásně vidět, jak velký vliv má na vytápění typ paliva. Při zemním plynu nás vytápění za rok vyjde na 69 949 Kč, což při porovnání s obilím nebo tepelným čerpadlem je dvounásobná částka. Každé palivo má však své výhody a nevýhody jakou je cena kotle, cena paliva, náročnost údržby, zastruskování a jiné. Důkladně je tato problematika vysvětlena v Kapitole č. 6.

Náklady pouze na vytápění vychází 69 949 Kč, s uvažováním tepelných zisků je to **66 161 Kč**. S touto hodnotou budeme pracovat často pro výpočet návratnosti oken i zateplení. Pro zajímavost celkový tepelný zisk získán sluneční radiací zdvojenými okny s hodnotou 1,335 MWh nám částku sníží o částku 2000 Kč za rok.

Nebo lze náklady na vytápění, potřebu tepla, množství spotřebované elektřiny spočítat dle nového typu, který zohledňuje mnohem více aspektů, dá se vypnout investice do nového zařízení, kde se nám roční poplatky sníží: „Porovnání nákladů na vytápění TZB-info“ [11].

Zadáme lokalitu domu, charakteristiku, údaje o teplé vodě jak v předchozím případě. Navíc zadáme spotřebu elektrické energie (blíže popsána v další podkapitole).

**– Lokalita domu - klimatická data**

Klimatická oblast	Brno	
Venkovní výpočtová teplota $t_e$	-12	°C
Průměrná venkovní teplota $t_{es}$	3,6	°C
Délka otopného období $d'$	222	dny

**– Charakteristika domu a jeho využití**

Celková tepelná ztráta	20,77	kW	
Typ provozu objektu	rodina s dětmi		
Podlahová plocha $A$	130	m <sup>2</sup>	
Objem budovy $V'$	344,5	m <sup>3</sup>	
Intenzita výměny vzduchu $n$	1	h <sup>-1</sup>	

**– Příprava teplé vody**

Počet osob $n$	4	
Množství ohřívání vody	82	l/os.den
Počet dnů přípravy teplé vody $N'$	365	
<div>teplá voda ohřívána energií na vytápění</div> <div></div>		
<input type="checkbox"/> Používá se solární předehřev		
Úspora tepla (solární podíl) $f'$	40	%

**+ Spotřeba elektrické energie (ostatní spotřebiče)**

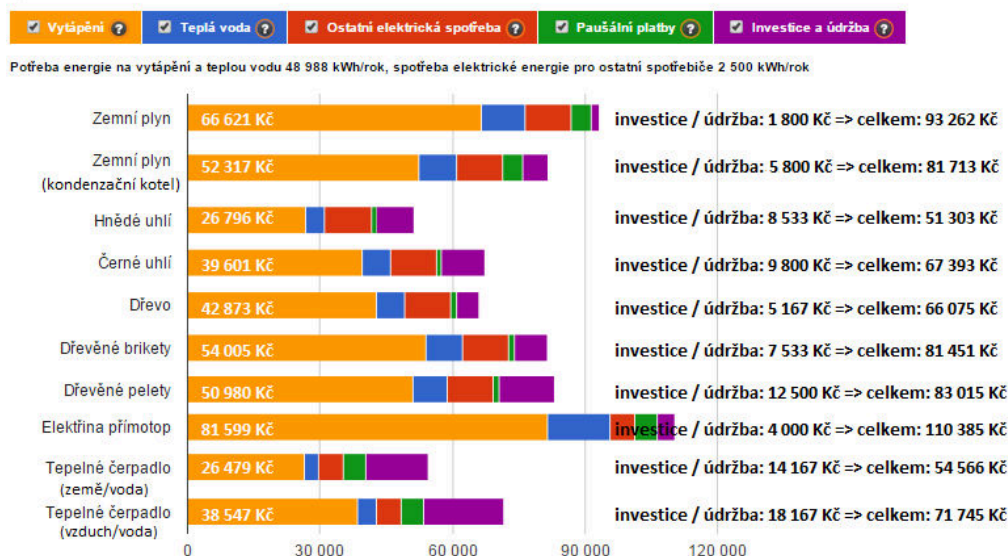
Obr. 2.15 Zadaní parametrů do novějšího typu pro porovnání typu paliv [11]

Výsledkem nám je Obr. 2.16 Grafické porovnání paliv a Obr. 2.17 Grafické porovnání paliv dle kategorií (vytápění, ohřev teplé vody, spotřeba el. energie, paušální poplatky, investice a údržba). Investice a údržba je samostatná část a obsahuje roční poplatky za servis a kontrolu komínu a zařízení, dále obsahuje investici do zdroje tepla, otopné soustavy, částku za komín, sklad paliva a jiné. V případě výměny kotle je dobré tyto částky zkontrolovat a v případě, kdy není potřeba měnit komín a otopnou soustavu, tuto kolonku odstranit.

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ]	Roční náklady [Kč] ?					
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem
Zemní plyn <input checked="" type="checkbox"/>								
Běžný plynový kotel 89 % RWE Energie, a.s.	1.23874 /kWh 277 /měsíc	5 845 m <sup>3</sup> 61 667 kWh	66 621	9 768	10 549	4 524	1800	93 262
Zemní plyn <input checked="" type="checkbox"/>								
Kondenzační kotel 102 % RWE Energie, a.s.	1.23874 /kWh 277 /měsíc	4 655 m <sup>3</sup> 49 115 kWh	52 317	8 523	10 549	4 524	5800	81 713
Hnědé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>								
Automatický kotel na uhlí 88 %	2.9 /kg /měsíc	10 697 kg	26 796	4 225	10 549	1 200	8533	51 303
Černé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>								
Automatický kotel na uhlí 88 %	5.5 /kg /měsíc	8 335 kg	39 601	6 244	10 549	1 200	9800	67 393
Dřevo <input checked="" type="checkbox"/>								
Zplynovací kotel na dřevo 88 %	3.5 /kg /měsíc	14 046 kg	42 873	6 288	10 549	1 200	5167	66 075
Dřevěné brikety <input checked="" type="checkbox"/>								
Klasický kotel na dřevo s AKU nádrží 78 %	4.8 /kg /měsíc	12 952 kg	54 005	8 163	10 549	1 200	7533	81 451
Dřevěné pelety <input checked="" type="checkbox"/>								
Speciální kotel na pelety 92 %	5.4 /kg /měsíc	10 883 kg	50 980	7 788	10 549	1 200	12500	83 015
Elektrina přímotop <input checked="" type="checkbox"/>								
Podlahové elektrické plochy 99 % D45d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	NT 2.22452 /kWh VT 2.70494 /kWh 424 /měsíc	43 009 kWh	81 599	14 076	5 622	5 088	4000	110 385
Tepelné čerpadlo <input checked="" type="checkbox"/>								
Země/voda Top. faktor: 4.3 D56d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	NT 2.22089 /kWh VT 2.5912 /kWh 424 /měsíc	13 380 kWh	26 479	3 235	5 596	5 088	14167	54 566
Tepelné čerpadlo <input checked="" type="checkbox"/>								
Vzduch/voda Top. faktor: 3.2 D56d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	NT 2.22089 /kWh VT 2.5912 /kWh 424 /měsíc	19 314 kWh	38 547	4 348	5 596	5 088	18167	71 745

Obr. 2.16 Grafické porovnání paliv [11]

#### Porovnání ročních nákladů na energie v domě



Obr. 2.17 Grafické porovnání paliv dle kategorií (vytápění, ohřev teplé vody, spotřeba el. energie, paušální poplatky, investice a údržba) [11]

## 2.6 SPOTŘEBA EL. ENERGIE

Průměrná spotřeba za elektrickou energii, jako je osvětlení a elektrické vybavení, představuje přibližně hodnotu 2500 až 4500 kWh podle toho, jak úsporné spotřebiče se v domě nacházejí a o jak veliký dům nebo byt se jedná. Pro výpočet budu uvažovat dům s úspornějšími spotřebiči, který je poměrně malý.

Strukturu spotřebičů v domácnosti jsem navolil pomocí mé bakalářské práce: „Možnosti úspor elektrické energie“ [12] a zapsal do tabulky pro výpočet: „Porovnání nákladů na vytápění – TZB-info“ [11]. Hodnota spotřeby elektrické energie po sečtení vychází 2500 kWh. To činí celkem 11 760 Kč za rok. Při zadávání hodnot u spotřebičů nám program automaticky generuje tepelný zisk od spotřebičů, který celkem vychází 1359 W.

### Spotřeba elektrické energie (ostatní spotřebiče)

Distribuční území: E.ON - E.ON Energie

D02d jistič do 3x10 A a do 1x25 A včetně

VT: 4.223 Kč/kWh

100 Kč/měsíc

Orientační hodnoty spotřeby elektřiny pro domácí spotřebiče

Vaření ?	Příkon [W]	Doba provozu [h/den]	Roční spotřeba [kWh]	Započítat do tepelného zisku	Tepelný zisk [kWh]
<input checked="" type="checkbox"/> Elektrický sporák	2000	0.7	511	<input checked="" type="checkbox"/>	278
<input checked="" type="checkbox"/> Elektrická trouba	2000	0.35	255	<input checked="" type="checkbox"/>	139
<input checked="" type="checkbox"/> Rychlovarná konvice	1300	0.1	47	<input checked="" type="checkbox"/>	26
<input checked="" type="checkbox"/> Mikrovlnná trouba	1150	0.3	126	<input checked="" type="checkbox"/>	68
<input checked="" type="checkbox"/> Kombinovaná chladnička	21	24	184	<input checked="" type="checkbox"/>	100
<input type="checkbox"/> Chladnička	120	5	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
<input type="checkbox"/> Mraznička			-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
<input checked="" type="checkbox"/> Myčka nádobí	650	1.5	356	<input checked="" type="checkbox"/>	193
<input type="checkbox"/> Rekuperace vzduchu ?	25	24	-	<input type="checkbox"/>	-

Domácnost ?	Příkon [W]	Doba provozu [h/den]	Roční spotřeba [kWh]	Započítat do tepelného zisku	Tepelný zisk [kWh]
<input checked="" type="checkbox"/> Pračka	600	1	219	<input checked="" type="checkbox"/>	119
<input checked="" type="checkbox"/> Sušička prádla	750	0.7	192	<input checked="" type="checkbox"/>	104
<input checked="" type="checkbox"/> Žehlička	2200	0.25	201	<input checked="" type="checkbox"/>	109
<input checked="" type="checkbox"/> Osvětlení 1	23	8	67	<input checked="" type="checkbox"/>	37
<input checked="" type="checkbox"/> Osvětlení 2	11	4	16	<input checked="" type="checkbox"/>	9
<input type="checkbox"/> Osvětlení 3	7		-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
<input checked="" type="checkbox"/> Ostatní menší zařízení	130	0.75	36	<input checked="" type="checkbox"/>	19
<input checked="" type="checkbox"/> Vysavač	1600	0.15	88	<input checked="" type="checkbox"/>	48

Zábava ?	Příkon [W]	Doba provozu [h/den]	Roční spotřeba [kWh]	Započítat do tepelného zisku	Tepelný zisk [kWh]
<input checked="" type="checkbox"/> TV	30	6	66	<input checked="" type="checkbox"/>	36
<input checked="" type="checkbox"/> PC (osobní počítač)	42	6	92	<input checked="" type="checkbox"/>	50
<input checked="" type="checkbox"/> Internet (běh modemů, routerů)	5	24	44	<input checked="" type="checkbox"/>	24

Obr. 2.19 Spotřeba elektrické energie [11]



### 3 VÝMĚNA STARÝCH OKEN ZA NOVÉ

Dříve než se pustíme do plánovaného zateplení rodinného domu, je rozumné přemýšlet o koupi a výměně starých oken za nové. Starými okny táhne i v době, když nevětráme, a uniká nám velké množství tepla za nemalé peníze. V starším rodinném domě lze ušetřit i několik jednotek procent.

V uvažovaném domě se nachází 7 kusů zdvojeného okna o rozměru 1500 x 1200 mm a 2 kusy o rozměru 700 x 700 mm se součinitelem prostupu tepla 2,8 W/(m<sup>2</sup>.K). Při výměně oken za nové například plastové s izolačním trojsklem o hodnotě 0,87 W/(m<sup>2</sup>.K), se zmenší součinitel prostupu tepla téměř o 70 %.

Určitě se neoplatí šetřit na kvalitě. Je dobré si vybrat seriózní firmu s dlouholetou praxí, aby byla zaručena kvalita a dlouhotrvající spokojenost, protože u méně kvalitních firem můžou přijít problémy až po uplynutí záruční doby v podobě prohýbaní oken, praskání svárů rámu kvůli nekvalitního postupu.

Při výběru nových oken je potřeba se vyvarovat i běžným trikům výrobců. Několikrát se mi stalo, že mi do schránky přišel letáček s novými okny, kde byla uváděna hodnota prostupu tepla  $U_g$ , která byla poměrně malá. Je velice důležité vědět, co daný symbol znamená. Prostupnost tepla pro celé okno se označuje  $U_w$ , jedná se o prostup sklem i rámem. Výrobci však raději uvádějí prostup tepla pouze sklem  $U_g$ , protože tato hodnota je nižší než prostup tepla celým oknem  $U_w$  i prostup tepla rámem  $U_f$ .

Např. *Dřevěná euro okno - profil EURO IV92* od firmy ALBO pro pasivní domy uvádějí hodnotu prostupu tepla celým oknem  $U_w = 0,71$  W/(m<sup>2</sup>.K), ale hodnota prostupu tepla rámem je  $U_f = 0,78$  W/(m<sup>2</sup>.K) a hodnota prostupu tepla sklem  $U_g = 0,5$  W/(m<sup>2</sup>.K). [14]

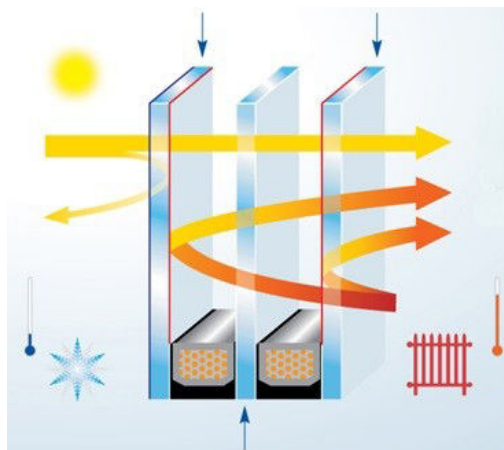


Obr. 3.1 Dřevěná euro okno - profil EURO IV92 od firmy ALBO [14]



Výměna oken od zkušené firmy trvá nejvýše pár dní podle počtu oken. Při výměně oken je nutné zateplit ostění i parapet okna zvenčí. Pokud by se pouze vyměnili okna bez zateplení, je potřeba dát pozor na místa, kde se může srážet vodní pára. Nastává tvorba kondenzace na stěnách, v rozích a za nábytkem až může vést k tvorbě plísní. [15]

Existuje mnoho typů oken. Každé okno má jiné vlastnosti a každé se hodí někam jinam. Závisí na typu domu i místnosti.



Obr. 3.2 Sklo Lux se solárními zisky od firmy SLOVAKTUAL [17]

Na jižní stranu je vhodné umístit okna, které mají schopnost propustit více světla a tím nám pomoci s vytápěním místnosti, někdy se označují i jako solární okna. Obvykle tyto okna mají dvojsklo s vyšší propustností než trojsklo. Ale cena je opravdu vysoká.

Při oknech se setkáme s konvekcí, vedením i radiací. Konvekci lze ovlivnit počtem skel. Málokdy se používá více než 3 skla, protože se zvedá hmotnost a snižuje množství světla. Hmotnost se snižuje při použití tenké fólie místo středního skla.

Vedení závisí od typu média mezi jednotlivými skly. Místo vzduchu se používají dnes plyny těžší. Nejlepší a nejdražší je xenon. Cenově přijatelnější je krypton. Hojně používaný je stále argon.

Potlačit radiaci můžeme skrz selektivní nízkoemisní vrstvy na povrchu skla, které propouští část světla a zamezuje tepelnému sálení. Omezí se tím však taky solární zisky v podobě slunečního záření g. [15]

Pro zadaný objekt budu vybírat z oken plastových a dřevěných. Pro oslovení jsem vybíral z firem v Brně, které mají delší praxi (20 let) a okna i vyrábějí. Byli tedy osloveni firmy: Okna MACEK, Okna SULKO a Okna VEKRA. První dvě firmy mi navrhli osobní schůzku, kde mi slíbili, že mi pro požadované rozměry oken vytvoří cenovou nabídku s informacemi o prodeji a informace k doplňkovým službám. Bohužel cenovou nabídku jsem obdržel pouze od firmy Okna MACEK. Je pravdou, že většina firem si svoje ceny oken drží v tajnosti a bojí se srovnání, tudíž získat ceny oken je opravdu problém a ještě větší, pokud se nejedná o zakoupení produktů, ale pouze pro studijní účely.

V ceně okna je obvykle započtena i cena za dopravu, montáž a vybourání. Tím pádem se cena daní pouze sazbou 15 %. Při osobním odběru bez dopravy a montáže se sazba pohybuje klasicky na 21 %, což se opravdu lépe oplátí zakoupit s dopravou a montáží.

Pro výpočet tedy použijí ceník poskytnut firmou OKNA MACEK.

Cena za 1 ks okna se skládá z (bez DPH):

- **ceny okna** rozměru: 1500 x 1200 mm nebo 700 x 700 mm,
- **příplatky** (příslušenství):
  - venkovní pozinkovaný parapet hl. 90 mm, standardní barvy 336 Kč/bm
  - vnitřní parapet PVC Extradur 150 mm 280 Kč/bm
  - okenní klika HOPPE Secustik - bílá RAL 9016 100 Kč/ks
  - likvidace okna 300 Kč/ks

Při výběru oken jednoho typu (může být jiný počet skel a barvy) se poskytuje sleva. Při zakoupení 9 ks oken pro zadaný dům se výše slevy pohybuje od 40 do 42 %. Závisí od typu plast/dřevo.

Pro porovnání se počítalo s původním stavem s uvažováním tepelných zisků  $Q_z = 2,52 \text{ MWh/TO}$  (sluneční radiací oknem  $E_{zm} = 1335 \text{ kWh}$  za topné období). Celková tepelná ztráta je 20,774 kW a celková roční potřeba energie na vytápění s tepelnými zisky je 41,16 MWh/rok. Náklady na vytápění se za rok vyšplhají na 66 161 Kč. Kompletní výpočet změn je uveden v Příloze č. 4.

Tab. 3.1 Shrnutí výsledků pro porovnání (PŮVODNÍ STAV)

<b>CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA <math>Q_c</math>:</b>	<b>20774 W</b>
<b>ZISK OKNY:</b>	<b>1335 kWh/TO</b>
<b>Celková roční potřeba energie na vytápění:</b>	<b>41,16 MWh</b>
<b>NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:</b>	<b>66 161 Kč</b>

Z informací od firmy OKNA MACEK mi bylo sděleno, že více jak 80 % lidí dává přednost oknům plastovým z důvodu lepší ceny, ale taky z důvodu menší náročnosti na údržbu. O dřevěná okna je nutno se starat a pečovat o ně, je to přece jenom přírodní materiál. Ačkoliv vzhled dřeva je poněkud hezčí, plastová okna je možné také zakoupit s různými motivy imitací dřeva i různých barev.

Není povinnost mít všechny okna stejné, je vhodné kombinovat dvojsklo s trojsklem vzhledem k orientacím na světové strany. Při výpočtu tepelných zisků v kapitole 2.1.2.3 je ukázáno jaký vliv má tepelný zisk sluneční radiací oknem na světové strany.

### 3.1 VARIANTA A – PLASTOVÉ OKNO VEKA SOFTLINE 70 (dvojsklo)

Jedná se o nejprodávanejší typ okna při rekonstrukci. Uváděná životnost 50 let.



Obr. 3.3 Plastové okno VEKA SOFTLINE 70 [18]

Vlastnosti:

- 5komorový plastový profil
- stavební hloubka 70 mm
- ocelová výztuha tloušťky 1,5 mm
- dvojité těsnění EPDM
- $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  (izol. dvojsklo 4-16-4,  $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )
- solární faktor  $g = 0,63$
- cena: **7615,5 Kč** s DPH po slevě (1500 x 1200 mm)  
**3345,8 Kč** s DPH po slevě (700 x 700 mm)  
**Celkem: 60 000 Kč s DPH**

Tab. 3.2 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA A

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA A	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19851 W	- 923 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	95,6 %	- 4,4 %
ZISK OKNY [kWh/TO]	1335 kWh/TO	1154 kWh/TO	- 181 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	39,41 MWh	- 1,749 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	63 496 Kč	- 2 665 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	60 000 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	22,5 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 4,03 %	

Jedná se o nejlevnější variantu. Ztráty se nám sníží o 4,4 % a roční náklady na vytápění o 2 665 Kč, což při investici 60 tisíc Kč je prostá návratnost 22,5 roku. Snížení nákladů na vytápění vychází na přibližně 4 %.



### 3.2 VARIANTA B – PLASTOVÉ OKNO VEKA SOFTLINE 82 (trojsklo)

Jedná se o 2. nejprodávanejší typ okna při rekonstrukci. Uváděná životnost 50 let.



Obr. 3.4 Plastové okno VEKA SOFTLINE 82 [18]

Vlastnosti:

- 7komorový plastový profil
- stavební hloubka 82 mm
- trojitě těsnění EPDM
- $U_w = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  (izol. trojsklo 4-18-4-18-4,  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )
- solární faktor  $g = 0,36$
- cena: **9515,3 Kč** s DPH po slevě (1500 x 1200 mm)  
**3965,5 Kč** s DPH po slevě (700 x 700 mm)  
**Celkem: 74 520 Kč s DPH**

Tab. 3.3 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19632 W	- 1142 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	94,5 %	- 5,5 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	659 kWh/TO	- 676 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	39,446 MWh	- 1,714 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	63 546 Kč	- 2 615 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	74 520 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	28,5 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 3,95 %	

U této varianty je počáteční investice o 14 500 Kč vyšší než u předchozí varianty. Ztráty se nám sníží sice o 5,5 % a roční náklady o 2 615 Kč, což při investici téměř 75 tisíc Kč je prostá návratnost 28,5 roku, ale roční náklady jsou ještě o 50 Kč vyšší jak u varianty A, tedy se v tomto případě neoplatí, z důvodu velké absence slunečních zisků radiací oknem.

### 3.3 VARIANTA C – DŘEVĚNÉ OKNO OKNOLUX IV68 Klasik (dvojsklo)

Nejběžnější dřevěné okno porovnatelné s plastovým oknem varianta A. Uváděná životnost je **prakticky neomezena** dle prostředí a údržby. Záruka 5 let.



Obr. 3.5 Dřevěné okno OKNOLUX IV68 Klasik [19]

Vlastnosti:

- 3vrstvý lepený hranol
- **stavební hloubka 68 mm**
- hliníková okapnice na rámu i křídle
- dvojité těsnění
- $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  (izol. dvojsklo 4-12-4,  $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )
- solární faktor  $g = 0,69$
- cena: **11355,0 Kč** s DPH po slevě (1500 x 1200 mm)  
**4689,8 Kč** s DPH po slevě (700 x 700 mm)  
**Celkem: 88 865 Kč s DPH**

Tab. 3.4 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA C

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA C	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19851 W	- 923 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	95,6 %	- 4,4 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1154 kWh/TO	- 181 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	39,411 MWh	- 1,749 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	63 496 Kč	- 2 665 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	88 865 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	33,35 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 4,03 %	

Ztráta i náklady jsou totožné s variantou A. Jediný rozdíl je v návratnosti, která se nám vyšplhá na 33,35 roku o 11 let více než varianta A z důvodu vyšší investici až o téměř 29 tisíc. Avšak při správné údržbě se nám dřevěné okna odvděčí delší životností.

### 3.4 VARIANTA D – DŘEVĚNÉ OKNO OKNOLUX IV78 Klasik (trojsklo)

Dřevěné okno porovnatelné s plastovým oknem varianta B. Uváděná životnost je **prakticky neomezena** dle prostředí a údržby. Záruka 5 let.



Obr. 3.5 Dřevěné okno OKNOLUX IV78 Klasik [19]

Vlastnosti:

- 4vrstvý lepený hranol
- **stavební hloubka 78 mm**
- hliníková okapnice na rámu i křídle
- dvojité těsnění
- $U_w = 0,93 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  (izol. trojsklo 4-12-4-12-4,  $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )
- solární faktor  $g = 0,51$
- cena: **12422,2 Kč** s DPH po slevě (1500 x 1200 mm)  
**5090,0 Kč** s DPH po slevě (700 x 700 mm)  
**Celkem: 97 135 Kč**

Tab. 3.5 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA D

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA D	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19696 W	- 1078 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	94,8 %	- 5,2 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	934 kWh/TO	- 401 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	39,301 MWh	- 1,859 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	63 330 Kč	- 2 831 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	97 135 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	34,31 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 4,28 %	

Návratnost u této varianty se nám vyšplhá až na 34,31 roku. Volba této varianty trojsklo na všechny světové strany tak jak u plastového okna s trojsklem příliš vhodná není. Avšak v porovnání s variantou B má tato varianta vyšší snížení nákladů na vytápění o 0,33 % z důvodu použití izolačního trojskla se součinitelem prostupu tepla  $U_g = 0,7$  a ne  $U_g = 0,5$  jako při variantě B.

### 3.5 VARIANTA E – KOMBINACE VARIANTY A + B

Z výpočtů předchozích variant je vidět, že plastové okna vzhledem k oknům dřevěným mají srovnatelné hodnoty, avšak cena za okna dřevěná je mnohonásobně vyšší. Velkou roli hraje i orientace na světové strany a tepelné zisky.

Tato varianta obsahuje okna z varianty A + B, tedy plastové okno s dvojsklem a trojsklem.

Na JIH + ZÁPAD bylo použito dvojsklo a pouze na SEVER použito trojsklo.

Vlastnosti:

- kombinace dvojsklo + trojsklo viz. 3.1 a 3.2,
- celková cena: **65 021 Kč**.

Tab. 3.6 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA E

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA E	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19772 W	- 1002 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	95,2 %	- 4,8 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1094 kWh/TO	- 241 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	39,301 MWh	- 1,859 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	63 330 Kč	- 2 831 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	65 021 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	22,97 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 4,28 %	

V porovnání s variantou A získáme vyšší snížení ztráty o 0,4 % a celková roční potřeba energie se nám sníží o 110 kWh za rok a náklady o 166 Kč. Investice je o 5 tisíc vyšší, což je přijatelné. Návratnost se nám zvýší pouze o půl roku.

V případě žádosti o dotaci i klasické výměně oken bez dotace je tato volba určitě nejvhodnější, v případě podobné výši plánované investici. Procentuální snížení nákladů na vytápění je o 0,25 % vyšší a tedy i vyšší částka z dotace.

### 3.6 VARIANTA F – KOMBINACE VARIANTY A + B

Tato varianta obsahuje okna z varianty A + B, tedy plastové okno s dvojsklem a trojsklem.

Na JIH bylo použito dvojsklo a na SEVER + ZÁPAD použito trojsklo.

Vlastnosti:

- kombinace dvojsklo + trojsklo viz. 3.1 + 3.2,
- celková cena: **68 821 Kč**.

Tab. 3.7 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA F

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA F	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19715 W	- 1059 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	0 %	94,9 %	- 5,1 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	973 kWh/TO	- 362 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	39,302 MWh	- 1,858 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	63 331 Kč	- 2 830 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	68 821 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	24,32 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 4,28 %	

V porovnání s variantou A získáme ještě vyšší snížení ztráty až o 0,7 % a celková roční potřeba energie se nám sníží o 109 kWh za rok, a náklady o 160 Kč. Investice je téměř o 9 tisíc vyšší a návratnost se nám zvýší o dva a půl roku.

Zajímavost je ta, že v porovnání s variantou E se nám snížili ztráty o 0,3 %, ale roční potřeba energie je v podstatě stejná a i náklady z důvodu nižších zisků přes trojsklo na západní straně jsou stejné. Vyšší je však počáteční investice o 4 tisíce, která nám návratnost posune o 1,5 roku dále. Z těchto důvodů je nejvhodnější varianta E.

### 3.7 KONKRÉTNÍ POPIS VŠECH PRVKŮ OKNA

Pro názornost je určitě dobré vědět, co všechno takové okno obsahuje.



Obr. 3.6 Detailní popis okna [20]



### 3.8 VÝMĚNA VSTUPNÍCH DVĚŘÍ

Je dobré zvážit i výměnu vstupních dveří. Původní dveře se součinitelem prostupu tepla  $U = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  lze nahradit novými. Dveře mají obvykle horší vlastnosti než okna. Dají se opět vybrat tak jako u oken z různých materiálů. Pro dosažení hodnoty alespoň  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  je nutno použít plastové dveře s trojsklem a silnou výplň bez malých prosklení. Hodnota součinitele prostupu tepla rámu dveří  $U_D$  je horší než u hodnoty součinitele prostupu tepla sklem  $U_g$ , tudíž je lepší zvolit dveře s větší skleněnou plochou. [15]

Jelikož se jedná o severní stranu oplátí se investovat do dveří plastových s izolačním trojsklem, viz výpočet návratnosti oken podle jednotlivých světových stran. Porovnal jsem dvě varianty dveří. Mají stejný součinitel prostupu tepla  $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  ( $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ ), liší se pouze velikost plochy skelní výplně a tedy i sluneční zisky.

#### 3.8.1 VARIANTA A – DVEŘE S011



Obr. 3.7 Plastové vstupní dveře S011 od firmy OKNA MACEK [21]

Vlastnosti:

- 5komorový plastový profil
- **rovné křídlo**
- mírně zaoblené hrany na rámu a křídle
- stavební hloubka 82 mm
- ocelová výztuha tloušťky 3 mm
- dvojité těsnění EPDM
- $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  (izol. trojsklo 4-12-4-12-4,  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )
- solární faktor  $g = 0,36$  (zisk zasklenou částí = 23 W)
- cena: **20 314 Kč s DPH** po slevě (900 x 1970 mm)

Tab. 3.8 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA A

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA A	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	20625 W	- 149 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	0 %	99,3 %	- 0,7 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1358 kWh/TO	+23 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	40,835 MWh	- 0,325 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	65 641 Kč	- 520 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	20 314 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	39,07 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 0,79 %	

Při výměně vstupních dveří za nové plastové s trojsklem se nám náklady sníží o 0,8 %. Návratnost je ale obrovská až 39 let. Jedná se však o výpočet výměny pouze vstupních dveří. V případě provedení výpočtu pro kombinaci varianty E + výměna vstupních dveří (VARIANTA A+) se nám návratnost sníží na 25 a půl roku, co je o 2,5 roku více v porovnání s výměnou pouze oken dle varianty E. Kompletní výsledky jsou uvedeny v Tab. 3.9 níže.

Tab. 3.9 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA A+

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA A+	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19623 W	- 1151 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	0 %	94,5 %	- 5,5 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1117 kWh/TO	- 218 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	38,968 MWh	- 2,192 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	62 828 Kč	- 3 333 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	85335 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	25,60 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 5,04 %	

### 3.8.2 VARIANTA B – DVEŘE S031



Obr. 3.8 Plastové vstupní dveře S031 od firmy OKNA MACEK [21]



Vlastnosti:

- 5komorový plastový profil
- **rovné křídlo**
- mírně zaoblené hrany na rámu a křídle
- stavební hloubka 82 mm
- ocelová výztuha tloušťky 3 mm
- dvojité těsnění EPDM
- $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  (izol. trojsklo 4-12-4-12-4,  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )
- solární faktor  $g = 0,36$  (zisk zasklenou částí = 7 W)
- cena: **20 902 Kč s DPH** po slevě (900 x 1970 mm)

Tab. 3.10 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	20625 W	- 149 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	0 %	99,3 %	- 0,7 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1342 kWh/TO	+7 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	40,851 MWh	- 0,309 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	65 665 Kč	- 496 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	20 904 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	42,15 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 0,75 %	

Při této výměně vstupních dveří za nové plastové s trojsklem se nám náklady sníží o 0,75 %, co má za následek snížení zisků sluneční radiací oknem o 16 W. Náklady na vytápění v porovnání s předchozí variantou se nám zvýšili o cca 25 Kč a návratnost je o 3 roky delší kvůli dražšímu typu dveří. V případě provedení výpočtu pro kombinaci varianty E + výměna vstupních dveří (VARIANTA B+) se nám návratnost sníží na 26 let. Kompletní výsledky jsou uvedeny v Tab. 3. 11 níže.

Tab. 3.11 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B+

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B+	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19623 W	- 1151 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	0 %	94,5 %	- 5,5 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1101 kWh/TO	- 234 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	38,984 MWh	- 2,176 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	62 852 Kč	- 3 309 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	85 923 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	25,97 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 5,00 %	



## 4 ZATEPLENÍ DOMU

Zateplení je v dnešní době populární. Domy a byty vypadají lépe, barevné kreace, které je možné dosáhnout, jsou fascinující a ještě k tomu šetří energii na vytápění. Avšak volba správného materiálu bývá náročná, abychom nepředimenzovali stěny volbou příliš hrubé izolace nebo naopak zateplili tenkou vrstvou a úspora nebude poznat.



Obr. 4.1 Ukázka barevné nezávislosti [22]

Nejčastěji se začíná zateplovat obvodovým pláštěm domu. Tím se docílí zabezpečení prostorů domu před povětrnostními vlivy přírody. Obvodem pláště uniká teplo s podílem až 1/3. Na plášť se nejvíc hodí polystyren nebo minerální vata, ale to si spočteme níže. Na komplexní zateplení je nejlepší volit firmu s bohatou praxí, aby byl dům zateplen správně a nevznikali nám plísň tam kde nemají, nejlépe nikde.



Obr. 4.2 Procentuální podíl úniku tepla z klasického RD [23]

Tepelná ztráta je především dána vlastnostmi materiálu, z kterého je dům postaven. Nejhorší tepelná izolace je kámen a plná cihla, avšak tyto materiály se nejlépe zateplují. Modernější domy jsou postaveny z dutých cihel a pórobetonových tvárnic, avšak tyto materiály se zateplují o něco hůře, protože vzniká problém s kondenzací vlhkosti ve stěně.

Pro izolaci RD se používá izolace na vnější stranu stěny. Existuje i zateplení vnitřní strany stěny, ale to je vhodnější pro chaty nebo tam, kde se zdržujeme např. jenom o víkendu.

Do kompletní ceny zateplení je nutno započíst všechny položky. Kvalitní zateplení od profesionální firmy se pohybuje přes 1000 Kč za 1 metr čtvereční s 15% DPH.

Jedná se především o tyto položky (orientační příklad pro zateplovací systém z fasádního polystyrenu EPS70F tl. 140 mm s finální úpravou silikonová omítka):

- |  |   |
|--|---|
| • <u>Fasádní polystyren EPS70F tl. 140 mm</u>                  | • 160 Kč/m <sup>2</sup>                   |
| • Lepicí a stěrková hmota (střední kvalita)                    | • 85 Kč/m <sup>2</sup>                    |
| • Armovací tkanina Vertex R131                                 | • 20 Kč/m <sup>2</sup>                    |
| • Talířová hmoždinka plast. trn 10/210mm (6ks/m <sup>2</sup> ) | • 35 Kč/m <sup>2</sup>                    |
| • Polystyrenová zátka EPS70 mm                                 | • 15 Kč/m <sup>2</sup>                    |
| • Penetrace pod omítku   | • 20 Kč/m <sup>2</sup>                    |
| • Silikonová omítka 1,5 mm                                     | • 130 Kč/m <sup>2</sup>                   |
| • Systémové prvky+lišky (orientačně na m <sup>2</sup> plochy)  | • 60 Kč/m <sup>2</sup>                    |
| • Montážní práce (lepení, stěrkování, omítka)                  | • 440 Kč/m <sup>2</sup> (150 + 150 + 140) |
| • Lešení (montáž, demont., pronájem, doprava)                  | • 145 Kč/m <sup>2</sup>                   |
| • Úklid + odvoz suti + zalepení oken fóliemi                   | • 30 Kč/m <sup>2</sup>                    |
| • <b>Celkový součet základních položek zateplení:</b>          | • <b>1140 Kč/m<sup>2</sup> s DPH 15 %</b> |

Struktura ceny by se dala rozdělit na část „pohyblivou“ a „pevnou“. Nejvíce pohyblivá část je za zateplovací materiál tedy 1. položka. Následující položky bývají poměrně stejné při různých typech materiálů, budu je pro názornost brát za pevnou částku 980 Kč/m<sup>2</sup>. [24]

## 4.1 POROVNÁNÍ TYPŮ MATERIÁLU

### 4.1.1 PĚNOVÝ POLYSTYREN

Nejčastěji používaný materiál na zateplení je bezpochyby pěnový polystyren. Polystyren je velice levný a má dobré izolační vlastnosti. Na trhu jsou dva typy klasický bílý PS a dnes i novější typ šedý polystyren s přidavkem grafitu, který pohlcuje díky barvě více slunečního záření a má o 20 % lepší izolační vlastnosti. Cena za materiál polystyrenů je kolem 100 až 300 Kč/m<sup>2</sup>.

Výhody:      levný,  
                 lehce dělitelný,  
                 velká škála použití.

Nevýhody:    časem se smršťuje,  
                 špatná izolace hluku.

Je nejlepší na podlahy, základy, sokly domů zvenčí a i jako izolace vnějších stěn, avšak může se začít v domě tvořit plíseň, protože hůř propouští páru a při dřevostavbách a vlhkých domech je to běžné.



Obr. 4.3 Bílý polystyren vlevo, šedý polystyren vpravo [25]

Součinitel tepelné vodivosti:

0,039 W/m·K

0,032 W/m·K

Hlavním rozdílem mezi bílými a šedými EPS deskami je skutečnost, že u bílých desek je cca 90 % slunečního záření odraženo a 10 % pohlceno, u šedých desek je to obráceně. [25]

### 4.1.2 MINERÁLNÍ VATA

Dalším typem je minerální vata. Opět dvou typů: kamenná a skelná.

Kamenná vlna je o něco tvrdší a nakoupit jí je možné v blocích. Cena za materiál se pohybuje přibližně 300 až 700 Kč/m<sup>2</sup>.

Výhody: odolná proti ohni,  
propouští dobře páru.

Nevýhody: horší opracovatelnost,  
vyšší cena.

Hodí se použít proto jako vnější izolace stěn, izolace příček a na krovy. Nepoužívá se však na celé ploše stěny. Kombinuje se s polystyrenem při spodní délce.

Skelná vata je měkčí a lépe se skladuje, převáží a díky své malé hmotnosti se používá na stropy, krovy, příčky. Vhodnost použití je i jako izolace lehkých dřevostaveb.



Obr. 4.4 TF PROFI vlevo, NF 333 vpravo [26]

Součinitel tepelné vodivosti:

0,036 W/m·K.

0,041 W/m·K

Isover NF 333 má horší vlastnosti, ale je o cca 13,5 % levnější v porovnání s Isover TF PROFI. [26]

### 4.1.3 PŘÍRODNÍ MATERIÁLY

Výhodou je, že se jedná o ekologické materiály. Používá se např. konopí, ovčí vlna, sláma, recyklovaný papír. Použití klidně na fasády, ale i na podlahy neobydleného podkroví.

Cena je nízká, ale je potřeba větší tloušťky izolace, klidně i 500 mm, což se zrovna nehodí pro RD. [15]

### 4.1.4 POLYURETANOVÉ DESKY

Jsou to desky z tvrzené polyuretanové pěny s výbornou izolací. Postačuje použít poloviční tloušťku v porovnání s minerální vlnou. Využití zejména na šikmé střechy. Cena izolace tloušťky 100 mm jde finančně pořídit za 800 Kč. [15]

### 4.1.5 FENOLICKÁ PĚNA

Výrobce desek z fenolické pěny je firma Kingspan. Desky Kingspan Kooltherm K5 WDV-LC jsou tvořeny z tepelné izolace (jádra desky) a povrchové úpravy na bázi tkaniny, která je po obou stranách desky a s jádrem spojena adhezivně během vypěňování. Jádro desky je tvořeno tuhou FENOLOVOU PĚNOU nadstandardních vlastností s měrnou hustotou 40 kg/m<sup>3</sup>.

Fenolická pěna má 2x lepší izolační vlastnosti než polystyren, ale je 5x dražší. Součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda_D = 0,021 \text{ W/m.K}$ . [2]

### 4.1.6 FOUKANÁ A STRÍKANÁ IZOLACE

Ideální řešení pro místa, kde se těžce dostává, např. různé dutiny a tvarované povrchy. Vhodná pro opravu starých střeš. Cena od 90 Kč/m<sup>2</sup> (tloušťka 100 mm celulóza). Jedná se tedy o celulózu, granulát z minerální vlny, polyuretanovou nebo jinou izolační pěnu. [15]

### 4.1.7 VAKUOVÉ TEPELNÉ IZOLACE

Jedná se o nejdokonalejší řešení, u kterých  $\lambda$  dosahuje hodnotu 0,07 W/mK co je 3x lepší než fenolická pěna. Panely obsahují částice křemičitého aerogelu, které jsou ve speciálním obalu zabaleny pomocí vakua pod tlakem 5 milibarů. Toto řešení zcela zamezí prostup tepla konvekci a vedení tepla. Reflexní vrstvou na obalu jde potlačit přenos tepla radiací. Jde o desky Vacupor.

Nevýhody: snadné porušení a následná ztráta izolačních vlastností na úroveň fenolické pěny,  
vysoká cena,  
nemožnost dělení a řezání na požadované rozměry.

Výhody: při renovaci starého domu na pasivní,  
postačí malé tloušťky. [1]



## 4.2 VÝPOČET POTŘEBNÉHO MNOŽSTVÍ ZATEPLOVACÍHO MATERIÁLU

Před zateplením a rozhodnutím se, jaký typ zateplovacího materiálu se zvolí, je potřeba si spočítat kolik  $m^2$  je pro zateplení potřeba.

Plocha oken je:

$$S_{OKEN} = n_{OKEN1.TYP} \times (\check{S} \times V) + n_{OKEN2.TYP} \times (\check{S} \times V) \quad (4.1)$$

$$S_{OKEN} = 7 \times (1,5 \times 1,2) + 2 \times (0,7 \times 0,7) = 7 \times 1,8 + 2 \times 0,49 = 13,58 \, m^2$$

Plocha dveří je:

$$S_{DVEŘÍ} = n_{DVEŘÍ} \times (\check{S} \times V) = 1 \times (1 \times 1,97) = 1,97 \, m^2 \quad (4.2)$$

Plocha venkovního pláště domu je:

$$S_{PLÁŠTĚ} = S_{SOKLU} + S_{1.NP} + S_{STŘECHA} \quad (4.3)$$

$$S_{PLÁŠTĚ} = [(2 \times V_{SOKLU} \times 13) + (2 \times V_{SOKLU} \times 10)] + [(2 \times V_{1.NP} \times 13) + (2 \times V_{1.NP} \times 10)] + \left[ 2 \times \left( \frac{V_{STŘECHY} \times 13}{2} \right) \right] =$$

$$S_{PLÁŠTĚ} = [(2 \times 0,25 \times 13) + (2 \times 0,25 \times 10)] + [(2 \times 2,79 \times 13) + (2 \times 2,79 \times 10)] + \left[ 2 \times \left( \frac{3,06 \times 13}{2} \right) \right] = 109,7 \, m^2$$

Celková plocha pro venkovní zateplení je:

$$S_{CELKZATEPL.} = S_{PLÁŠTĚ} - S_{OKEN} - S_{DVEŘÍ} = 109,7 - 13,58 - 1,97 = 94,15 \, m^2 \quad (4.4)$$

K této vypočtené hodnotě je potřeba přičíst materiál potřebný pro rohy + rezervu. Materiál potřebný na rohy je při tloušťce 160 mm přibližně  $2 \, m^2$ . Celkem tedy  $96,15 \, m^2$  + rezerva.

Celkové potřebné množství zateplovacího materiálu na venkovní fasádu je přibližně  $100$  až  $105 \, m^2$ .



### 4.3 VÝPOČET ZATEPLENÍ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ

Pro zateplení stěny vnější – těžká je podle normy ČSN 73 0540-2 požadována hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce  $U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Hodnota doporučená pro tuto konstrukci je  $U_{\text{rec},20} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Pro pasivní domy je to pak hodnota až  $U_{\text{pas},20} = 0,18 - 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [5]

#### 4.3.1 VARIANTA A - Isover EPS 70F – bílý polystyren

Výsledky návratnosti při fasádním zateplení bílým polystyrenem Isover EPS 70F se při investici přibližně 120 tisíc pohybuje návratnost 6 let a snížení ztrát i procentuální snížení nákladů na vytápění přibližně 30 %.

V případě dosažení hodnoty pasivního domu by byla potřebná tloušťka materiálu až 200 mm kvůli horšímu součiniteli prostupu tepla. Výběr výsledků je zobrazen v Tab. 4.1 a kompletní tabulka se nachází v Příloze č. 5, kde je výpočet proveden i pro jiné tloušťky.

Tab. 4.1 Výsledky návratnosti při zateplení Isover EPS 70F (výběr)

TYP IZOLACE:	PŮVODNÍ STAV	Isover EPS 70F					
Tloušťka izolace:	0 mm	100 mm		140 mm		160 mm	
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	1,68 W/m <sup>2</sup> K	0,30 W/m <sup>2</sup> K		0,23 W/m <sup>2</sup> K		0,21 W/m <sup>2</sup> K	
Cena za 1m <sup>2</sup> :	0 Kč	151,73 Kč		212,43 Kč		242,77 Kč	
Celková cena (cca 105 ± 1 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	15 932 Kč		22 305 Kč		25 491 Kč	
Pevná částka 980 Kč/m <sup>2</sup> (100 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	98 000 Kč		98 000 Kč		98 000 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:	20773	14770	6003	14477	6296	14395	6378
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	71,1%	28,9%	69,7%	30,3%	69,3%	30,7%
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	28,54	12,616	27,93	13,233	27,76	13,405
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	47 162 Kč	18 999 Kč	46 197 Kč	19 964 Kč	45 941 Kč	20 220 Kč
INVESTICE CELKEM N:	0 Kč	113 932 Kč		120 305 Kč		123 491 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0 Kč	6,00		6,03		6,11	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-28,72%		-30,17%		-30,56%	

Vysvětlivky:

U > 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Nesplňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,25 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje doporučenou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,18 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje hodnotu pro pasivní domy dle normy ČSN 73 0540-2

#### 4.3.2 VARIANTA B - Isover EPS GreyWall – šedý polystyren

Výsledky návratnosti při fasádním zateplení šedým polystyrenem Isover EPS GrayWall se při investici přibližně 120 tisíc pohybuje návratnost 6 let a snížení ztrát i procentuální snížení nákladů za vytápění je něco málo přes 30 %, podobně jak v předchozím v případě. Výhodou tohoto materiálu je ta, že má lepší součinitel prostupu tepla a tudíž při 150 mm se schopna dosáhnou hodnoty pro pasivní dům. Výběr výsledků je zobrazen v Tab. 4.2 a kompletní tabulka se nachází v Příloze č. 5, kde je výpočet proveden i pro jiné tloušťky.

Tab. 4.2 Výsledky návratnosti při zateplení Isover EPS GrayWall (výběr)

TYP IZOLACE:	PŮVODNÍ STAV	Isover EPS GreyWall					
Tloušťka izolace:	0 mm	100 mm		120 mm		150 mm	
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	1,68 W/m <sup>2</sup> K	0,26 W/m <sup>2</sup> K		0,22 W/m <sup>2</sup> K		0,18 W/m <sup>2</sup> K	
Cena za 1m <sup>2</sup> :	0 Kč	180,77 Kč		216,93 Kč		271,16 Kč	
Celková cena (cca 105 ± 1 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	18 981 Kč		22 561 Kč		28 472 Kč	
Pevná částka 980 Kč/m <sup>2</sup> (100 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	98 000 Kč		98 000 Kč		98 000 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:	20773	14602	6171	14436	6337	14269	6504
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	70,3%	29,7%	69,5%	30,5%	68,7%	31,3%
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	28,19	12,970	27,84	13,319	27,49	13,670
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	46 589 Kč	19 572 Kč	46 062 Kč	20 099 Kč	45 534 Kč	20 627 Kč
INVESTICE CELKEM N:	0 Kč	116 981 Kč		120 561 Kč		126 472 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0 Kč	5,98		6,00		6,13	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-29,58%		-30,38%		-31,18%	

Vysvětlivky:

U > 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Nesplňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,25 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje doporučenou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,18 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje hodnotu pro pasivní domy dle normy ČSN 73 0540-2

#### 4.3.3 VARIANTA C - Isover NF 333 – min. vata

Výsledky návratnosti při fasádním zateplení minerální vatou Isover NF 333 se při investici přibližně 127 tisíc nedostaneme ani na požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2 a návratnost je téměř 7 let. Je potřeba investovat 130 až 140 tisíc pro kvalitní zateplení, které splňuje požadavky požadované i doporučené pro rekonstrukci domu. Návratnost vychází na 7 let a snížení ztrát je přibližně 30 %, tak jak v předchozích případech, avšak příplatek za min. vatu je 20 tisíc. Ale výhodou nám je především odolnost proti ohni a dobré propuštění páry. Procentuální snížení nákladů za vytápění se pohybuje od 29 - 30 %.

Výběr výsledků je zobrazen v Tab. 4.3 a kompletní tabulka se nachází v Příloze č. 6, kde je výpočet proveden i pro jiné tloušťky.

Tab. 4.3 Výsledky návratnosti při zateplení Isover NF 333 (výběr)

TYP IZOLACE:	PŮVODNÍ STAV	Isover NF 333					
tloušťka izolace:	0 mm	100 mm		120 mm		140 mm	
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	1,68 W/m <sup>2</sup> K	0,31 W/m <sup>2</sup> K		0,27 W/m <sup>2</sup> K		0,24 W/m <sup>2</sup> K	
Cena za 1m <sup>2</sup> :	0 Kč	275,88 Kč		331,06 Kč		386,23 Kč	
Celková cena (cca 105 ± 1 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	28 692 Kč		34 784 Kč		40 168 Kč	
Pevná částka 980 Kč/m <sup>2</sup> (100 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	98 000 Kč		98 000 Kč		98 000 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:	20773	14812	5961	14645	6128	14519	6254
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	71,3%	28,7%	70,5%	29,5%	69,9%	30,1%
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	28,63	12,528	28,28	12,879	28,02	13,144
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	47 252 Kč	18 909 Kč	46 725 Kč	19 436 Kč	46 333 Kč	19 828 Kč
INVESTICE CELKEM N:	0 Kč	126 692 Kč		132 784 Kč		138 168 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0 Kč	6,70		6,83		6,97	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-28,58%		-29,38%		-29,97%	

Vysvětlivky:

U > 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Nesplňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,25 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje doporučenou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,18 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje hodnotu pro pasivní domy dle normy ČSN 73 0540-2

#### 4.3.4 VARIANTA D - Isover TF PROFI – min. vata

Výsledky návratnosti při fasádním zateplení minerální vatou Isover TF PROFI se při investici přibližně 130 až 140 tisíc, sníží ztráty na 30 %. Má lepší součinitel prostupu tepla jako varianta C. Návratnost vychází na 7 let. Výběr výsledků je zobrazen v Tab. 4.4 a kompletní tabulka se nachází v Příloze č. 6, kde je výpočet proveden i pro jiné tloušťky.

Tab. 4.4 Výsledky návratnosti při zateplení Isover TF PROFI (výběr)

TYP IZOLACE:	PŮVODNÍ STAV	Isover TF PROFI					
tloušťka izolace:	0 mm	100 mm		120 mm		150 mm	
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	1,68 W/m <sup>2</sup> K	0,28 W/m <sup>2</sup> K		0,25 W/m <sup>2</sup> K		0,20 W/m <sup>2</sup> K	
Cena za 1m <sup>2</sup> :	0 Kč	319,44 Kč		383,33 Kč		479,16 Kč	
Celková cena (cca 105 ± 1 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	33 350 Kč		40 020 Kč		50 024 Kč	
Pevná částka 980 Kč/m <sup>2</sup> (100 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	98 000 Kč		98 000 Kč		98 000 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:	20773	14687	6086	14561	6212	14352	6421
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	70,7%	29,3%	70,1%	29,9%	69,1%	30,9%
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	28,37	12,791	28,10	13,056	27,66	13,496
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	46 860 Kč	19 301 Kč	46 453 Kč	19 708 Kč	45 791 Kč	20 370 Kč
INVESTICE CELKEM N:	0 Kč	131 350 Kč		138 020 Kč		148 024 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0 Kč	6,81		7,00		7,27	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-29,17%		-29,79%		-30,79%	

Vysvětlivky:

U > 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Nesplňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,25 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje doporučenou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,18 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje hodnotu pro pasivní domy dle normy ČSN 73 0540-2

## 4.4 VÝPOČET ZATEPLENÍ STROPU POD PŮDOU

V případě půdy, která je nevytápěná, je nejvhodnější zateplit pouze strop a ne střechu. Jedná se o poměrně rychlé snížení ztrát, která není složitá a v porovnání se zateplením fasády trvá mnohem kratší dobu.



Obr. 4.5 Možná úspora při zateplení střechy nebo stropu [27]

Pro zateplení stěny k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace) - těžká je podle normy ČSN 73 0540-2 požadována hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce  $U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Hodnota doporučená pro tuto konstrukci je  $U_{rec,20} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Pro pasivní domy je to pak hodnota až  $U_{pas,20} = 0,15 - 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [5]

U většiny domů jsou stropy tvořeny trámy, mezi kterými se nachází prázdný otvor. Tento otvor je vhodné zateplit pomocí foukané izolace z celulózových nebo minerálních vláken. Pro dosažení doporučené hodnoty dle ČSN 73 0540-2 je potřeba přibližně 16 cm izolace, je tedy potřebné zjistit, zda-li máme otvor v požadované výšce. Při foukané izolaci je výhoda, že se nemusí odstraňovat podlaha a tedy je to i finančně vhodnější.

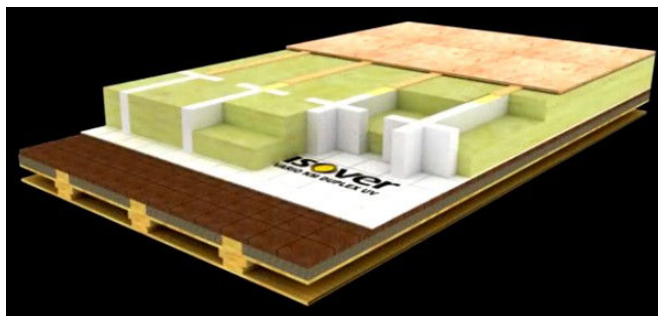
V případě nevyhovující výšky je další variantou usazení dřevěných nožiček (provádí např. firma MACHSTAV) nebo křížů a trámů z EPS (od firmy Isover) požadované výšky podle izolace a do jednotlivých vytvořených ohrádek vyplnit foukanou izolací nebo klasickou minerální vatu nebo polystyren. Obvykle se však dává přednost měkkým materiálům, protože se lépe vmáčkne do určených prostor. Na vrchní stranu nožiček nebo křížů je pak možnost připevnit pevné desky a udělat tak podlahu na skladování věcí a cestičky k nim nebo pokrýt celou plochu podlahy. [1]

Strop lze zateplit i ze strany místnosti, avšak hrozí větší riziko tepelných mostů a snížení výšky místnosti.

Celková plocha na zateplení stropu pod půdou vychází na přibližně 107 m<sup>2</sup>.

#### 4.4.1 VARIANTA A – Isover STEPcross

Jedná se o způsob zateplení pochozí půdy systémem Isover STEPcross. Kombinuje vlastnosti minerální vaty a EPS. Skládá se z pevných EPS trámů a křížů, které se kombinují s měkčími deskami z minerálních vláken vždy ve dvou vrstvách. Na původní podlahu stropu se umístí fólie, která zaručí parotěsnost. Aplikace dosahuje super účinnost a jednoduchost.



Obr. 4.6 Zateplení podlahy půdy Isover STEPcross [28]

Cena materiálu podlahy Isover STEPcross tvoří tyto díly:

- Parozábrana - Isover Vario KM Duplex UV
- Lepicí páska - Isover Vario KB 1
- Lepicí tmel - Isover Vario DoubleFit
- Minerální izolace - Isover UNI



Obr. 4.7 Minerální izolace Isover UNI [29]

- Nosné kříže 1 ks = 2 elementy - Isover EPS kříž

Isover KŘÍŽ EPS



Obr. 4.8 Nosní kříž z EPS [30]

- Výplňové trámy - Isover EPS tram
- Dřevěná prkna širě 100 mm
- Lepidlo PUR 750 ml - Den Braven Kleber wood



- Vrutky do dřeva 4 x 45 mm
- Záklop OSB desky - OSB deska 4PD 22 mm

Cena je závislá na tloušťce izolace:

- 160 mm  $\Rightarrow U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \Rightarrow 597,49 \text{ Kč/m}^2$
- 200 mm  $\Rightarrow U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K} \Rightarrow 665,58 \text{ Kč/m}^2$
- 240 mm  $\Rightarrow U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K} \Rightarrow 732,87 \text{ Kč/m}^2$ . [31]

K ceně materiálu je nutno připočíst cenu za práci, která se pohybuje od 230 Kč/m<sup>2</sup>. Konkrétně cenu tvoří:

- Pokládka tepelné izolace EPS/MV (včetně geotextilie): od 105 Kč/m<sup>2</sup>
- Montáž pochozí podlahy celoplošné z OSB desek: od 125 Kč/m<sup>2</sup>. [32]

Celková investice se při tomto způsobu zateplení vyšplhá na 850 – 1000,- Kč/m<sup>2</sup>.

Tab. 4.5 Výsledky návratnosti při zateplení Isover STEPcross

TYP IZOLACE:	PŮVODNÍ STAV	Isover STEPcross					
Tloušťka izolace:	0 mm	160 mm		200 mm		240 mm	
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	1,4 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K		0,15 W/m <sup>2</sup> K		0,13 W/m <sup>2</sup> K	
Cena za 1 m <sup>2</sup> :	0 Kč	597,49 Kč		665,58 Kč		732,87 Kč	
Celková cena (cca 110 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	65 724 Kč		73 214 Kč		80 616 Kč	
Pevná částka 230 Kč/m <sup>2</sup> (107 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	24 610 Kč		24 610 Kč		24 610 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:	20773	17693	3080	17615	3158	17565	3208
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	85,2%	14,8%	84,8%	15,2%	84,6%	15,4%
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ [MWh]	41,16	34,691	6,469	34,527	6,633	34,422	6,738
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	56 384 Kč	9 777 Kč	56 137,0 Kč	10 024 Kč	55 979 Kč	10 182 Kč
INVESTICE CELKEM N:	0 Kč	90 334 Kč		97 824 Kč		105 226 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0 Kč	9,24		9,76		10,33	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-14,78%		-15,15%		-15,39%	

Vysvětlivky:

U > 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Nesplňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,20 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje doporučenou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,15 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje hodnotu pro pasivní domy dle normy ČSN 73 0540-2

Při zateplení stropu zateplovacím systémem Isover STEPcross, při investici 90 až 105 tisíc Kč, se sníží náklady na vytápění o přibližně 10 tisíc Kč za rok, co je o přibližně 15 %. Nevýhodou je, že se musí věci, které se nacházejí na půdě dočasně přesunout, což zvýší dobu montáže. Další nevýhodou je, že minimální tloušťka izolace je 160 mm, takže v případě splnění hodnoty pouze požadované podle normy ČSN 73 0540-2 by nám stačilo pouze 90 mm tohoto materiálu.

#### 4.4.2 VARIANTA B – Foukaná izolace

Jde o klasickou stavební izolaci, která se na požadované místo aplikuje foukáním pomocí speciálního stroje. Používá se materiál z celulózy, minerální vlny, polystyrénu a podobně. Strojem se zaručí dokonalé zaizolování i nepřístupných míst, nezůstává žádný odpad. V případě foukání do prázdných otvorů mezi trámy tzv. „dutinová metoda“ není potřeba přemísťovat věci nacházející se na půdě a po domě se Vám pohybuje méně lidí.



Obr. 4.9 Jednoduchost izolace pomocí foukané izolace [33]

Cena za foukanou izolaci je obvykle i s cenou práce. Nejčastěji se izolace provádí z CLIMATIZER-u PLUS – celulóza, CLIMASTONE – min. vlna, CLIMASTYREN – polystyren nebo CLIMAWOOD – dřevovlákn.

Zateplení půdy trvá přibližně 3 hodiny. Foukanou izolaci je nutno provádět specializovanou firmou, ale stejně vychází tato varianta levněji.

Obvykle však výška trámů (dutin) není ani 150 mm a tudíž se doporučuje položit ještě jednu vrstvu izolace na podlahu a položit na ni vhodné pevné desky.

Pro zadaný objekt použijí metodu foukání izolace CLIMATIZER PLUS na volnou plochu z důvodu plného stropu na půdě bez dutin. Tato varianta je časově náročnější z důvodu vyklizení půdy, ale i tak se pohybuje v jednotkách hodin.

Izolace CLIMATIZER PLUS je materiál ekologický, zdravotně nezávadný a příjemný na dotyk s dlouhou životností a dobrými mechanickými a tepelnými vlastnostmi (součinitel tepelné vodivosti  $\lambda_D = 0,038 \text{ W/m.K}$ ). Vyrábí se z výběrového recyklovaného novinového papíru. Garance vlastností je obvykle 20 let. Výhodou je i odolnost vůči plísním, hmyzu a hlodavcům. [33]



Obr. 4.10 Způsob vzniku zateplovacího materiálu CLIMATIZER PLUS (recyklací novin) [33]

Cena za suché foukání izolace CLIMATIZER-u PLUS na vodorovnou plochu orientačně vychází od 960 Kč/m<sup>3</sup> bez DPH (1104 Kč/m<sup>3</sup> s DPH). Spotřeba materiálu je od 30 - 40 kg/m<sup>3</sup>, při tloušťce nad 30 cm je spotřeba přibližně 45 kg/m<sup>3</sup>.

Někdy se ceny účtují i individuálně dle skutečně spotřebovaných pytlů materiálu CLIMATIZER PLUS. Cena za 1 ks pytle o hmotnosti 13,6 kg vychází na 400 Kč až 500 Kč dle složitosti aplikace. V případě vodorovného foukání je spotřeba 2,6 – 3 ks pytle 35 – 40 kg/m<sup>3</sup>.

Pro vytvoření pochozí podlahy se navrhnou umístění podlaha z OSB desky 3/N 4-PD 22 mm. Cena za 1 m<sup>2</sup> desky vychází na 191,40 Kč s DPH. Práce pokládání desek vychází tak jako v předchozím případě na 125 Kč/m<sup>2</sup>. Plus spojovací materiál, tedy celkem přibližně 320 Kč/m<sup>2</sup> podlahy.

Cena je závislá na tloušťce izolace:

- 160 mm      =>      U = 0,20 W/m<sup>2</sup>K      =>      19430,4 Kč
- 200 mm      =>      U = 0,16 W/m<sup>2</sup>K      =>      24288,0 Kč
- 240 mm      =>      U = 0,14 W/m<sup>2</sup>K      =>      29145,6 Kč. [34]

Za zakrytí izolace podlahou z OSB desek se připlatí dalších 34 240 Kč, co je ještě víc peněz než za izolaci. Celková částka při zateplení izolací o tloušťce 200 mm s podlahou vychází na 58 500 Kč. Tato varianta je tedy téměř o 40 tisíc Kč levnější. Dalo by se ušetřit na OSB deskách, že by se umístili pouze jako „chodníčky“ k určitým místem, pokud člověk nevyužívá celou plochu podlahy na půdě. Při vytvoření pouze chodníků by se ušetřilo zhruba 20 tisíc Kč, co by nám návratnost snížilo z 6 let na pouhé 4 roky. Investice vychází na 40 tisíc Kč.

Tab. 4.6 Výsledky návratnosti při zateplení izolací CLIMATIZER PLUS

TYP IZOLACE:	PŮVODNÍ STAV	CLIMATIZER PLUS					
Tloušťka izolace:	0 mm	160 mm		200 mm		240 mm	
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	1,4 W/m <sup>2</sup> K	0,2 W/m <sup>2</sup> K		0,16 W/m <sup>2</sup> K		0,14 W/m <sup>2</sup> K	
Cena za 1m <sup>3</sup> :	0 Kč	1 104 Kč		1 104 Kč		1 104 Kč	
Celkové množství m <sup>3</sup> :	0 Kč	17,6		22,0		26,4	
Pevná částka za podlahu 320 Kč/m <sup>2</sup> (107 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	34 240 Kč		34 240 Kč		34 240 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:	20773	17740	3033	17615	3158	17590	3183
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	85,4%	14,6%	84,8%	15,2%	84,7%	15,3%
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	34,790	6,370	34,527	6,633	34,475	6,685
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	56 533 Kč	9 628 Kč	56 137 Kč	10 024 Kč	56 059 Kč	10 102 Kč
INVESTICE CELKEM N:	0 Kč	53 670 Kč		58 528 Kč		63 386 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0 Kč	5,57		5,84		6,27	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-14,55%		-15,15%		-15,27%	

Vysvětlivky:

U > 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Nesplňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,30 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,20 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje doporučenou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2
U ≤ 0,15 W/m <sup>2</sup> K	Splňuje hodnotu pro pasivní domy dle normy ČSN 73 0540-2



## 4.5 VÝPOČET ZATEPLENÍ PODLAHY

Podlahou neuniká tolik tepla jako obvodovou stěnou. Je však dobré ji zateplit kvůli snížení úniku tepla a především zvýšení povrchové teploty podlahy. Často se ale narazí na problém zateplení podlahy z důvodu absence sklepu jako u modelového domu. Je nutno zateplit podlahu a s tím jsou spojeny problémy jako je především výška prahů dveří a tedy kompletní zásah do celého prostoru, a proto se tento způsob často neprovádí. V případě podsklepení je to jednodušší, zatepluje se strop sklepu. Zateplit lze polystyrenem nebo minerální vatou s vhodnou povrchovou úpravou. V případě nízkého stropu sklepu se používají desky z PUR nebo PIR nebo fenolitické pěny, které jsou už ale opravdu drahé.

[1]



## 5 ZMĚNA VELIKOSTI JIŽNÝCH OKEN

Jelikož z předchozích výpočtů vychází, že sluneční zisky hrají opravdu velkou roli, byl proveden výpočet, zda-li se oplatí okna na jižní straně zvětšit. Použiju typ okna dle varianty A z kapitoly č. 3. V ceně nejsou započítány bourací práce, avšak tato částka je zanedbatelná. Pro detailní porovnání je uvedena celková tabulka s výpočtem v Příloze č.7.

Cena: 7 615,5 Kč s DPH po slevě (1500 x 1200 mm) ... VARIANTA A  
**8 487,2 Kč s DPH po slevě (1800 x 1200 mm) ... VARIANTA A/B(1,8)**  
**10 674,2 Kč s DPH po slevě (2000 x 1200 mm) ... VARIANTA A/B(2,0)**

Tab. 5.1 Tepelný zisk sluneční radiací oknem různých rozměrů

	PLASTOVÉ OKNO		
	1500 x 1200 mm	1800 x 1200 mm	2000 x 1200 mm
$E_{z(TO-JIH)1ks} =$	244,7 W	303,3 W	326,2 W
$E_{z(TO-JIH)} =$	734,1 W	909,9 W	978,6 W

Varianty A(1,8) a A(2,0) popisují pouze výměnu oken za větší. V případě, že se chystá i zateplení obvodové fasády: varianty: B1/2/3(1,5), B1/2/3(1,8) a B1/2/3(2,0), snížení ztrát je větší a tedy i náklady na vytápění. Pochopitelně je tady i úspora na zateplovacím materiálu. Nevýhodou je, že snížení ztrát nebude až tak velké, protože přes okno, které má součinitel prostupu tepla např.  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ , unikne více tepla než přes zateplenou fasádu se součinitelem prostupu tepla  $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ .

### 5.1 VARIANTA A(1,8) – pouze výměna oken

V případě nezateplení obvodové fasády označeno jako varianta A(1,8), kde číslo v závorce znamená: nová délka okna v metrech, která je o 30 cm delší, se nám návratnost snížila o 2 roky od varianty A v kapitole č. 3. Přitom cena za okna je poměrně nízká a snížení nákladů na vytápění je téměř 5 %, co je o 1 % víc jak při variantě A. Zisk okny je téměř stejný jako u původních oken.

Tab. 5.2 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA A(1,8)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA A(1,8)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19752 W	- 1022 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	95,1 %	- 4,9 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1329,8 kWh/TO	- 5,2 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	39,027 MWh	- 2,133 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	62 917 Kč	- 3 244 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	67 636 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	20,85 let	
Snížení nákladů na vytápění v %:	0 %	- 4,90 %	

## 5.2 VARIANTA A(2,0) – pouze výměna oken

V případě nezateplení obvodové fasády označeno jako varianta A(2,0), kde číslo v závorce znamená: nová délka okna v metrech, která je o 50 cm delší, se nám návratnost sníží z přibližně 22,5 roku na 22 let. Zisk okny je větší než u původních oken. Zisk by byl ještě větší, ale při okně rozměru 2000 x 1200 mm je o jeden sloupek navíc v porovnání s předchozími rozměry. Snížení nákladů na vytápění je 5,13 %, co je nejvíce ze všech variant a tedy největší částka v případě žádosti o dotaci. Je však dobré si dobře promyslet, zda-li se nám investice o 6 500 Kč víc než u předchozí varianty ekonomicky oplatí.

Tab. 5.3 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA A(2,0)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA A(2,0)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	19737 W	- 1037 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	95,0 %	- 5,0 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1398,5 kWh/TO	+ 63,5 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	38,927 MWh	- 2,234 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	62 766 Kč	- 3 395 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	74 197 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	21,85 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 5,13 %	

## 5.3 VARIANTA B1(1,5) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )

Tato varianta kombinuje zateplení obvodové fasády šedým polystyrenem se součinitelem prostupu tepla  $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  a výměny oken podle varianty E z kapitoly č.3, která je zatím nejvhodnější a poslouží nám pro porovnání s variantami B1. V případě zateplení minerální vatou TF PROFI by se investice zvýšila o cca 20 tisíc Kč a návratnost pak vychází přibližně na 10 let, tedy přibližně o rok déle (u každé varianty).

Tab. 5.4 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B1(1,5)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B1(1,5)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	14287 W	- 6487 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	68,8 %	- 31,2 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1094 kWh/TO	- 241 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	27,77 MWh	- 13,39 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 955 Kč	- 20 206 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	182 000 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	9,01 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 30,54 %	

### 5.4 VARIANTA B1(1,8) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )

Jde o kombinaci zateplení a výměny oken, které jsou o 30 cm delší jako v předchozím případě. Snížení celkové ztráty objektu je o 0,2 % nižší, avšak díky více slunečnímu záření se náklady na vytápění snížili o 232 Kč za rok, co je o 0,35 % oproti variantě B1(1,5). Jedná se tedy i o větší zisk z dotace. Investice do větších oken nás vyjde o 1 500 Kč více, ale návratnost je o něco málo dokonce kratší.

Tab. 5.5 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B1(1,8)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B1(1,8)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	14326 W	- 6448 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	69,0 %	- 31 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1329,8 kWh/TO	- 5,2 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	27,62 MWh	- 13,54 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 723 Kč	- 20 438 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	183 417 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	8,97 let	
Snížení nákladů na vytápění v %:	0 %	- 30,89 %	

### 5.5 VARIANTA B1(2,0) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )

Jde o kombinaci zateplení a výměny oken, které jsou o 50 cm delší jako při variantě B1(1,5) a o 20 cm delší než v předchozím případě. Snížení celkové ztráty objektu je téměř stejné jako v předchozím případě, tedy i náklady na vytápění. Při investici o 5661 Kč více než u varianty B1(1,8) se nám prodloužila návratnost navíc o cca 3 měsíce a procentuální podíl snížení nákladů za vytápění se zašil nepatrně o 0,03 %. Tato varianta se tedy neoplatí tak jako předchozí varianta, protože má o jeden středový panel navíc, což investičně vychází o mnoho dražší.

Tab. 5.6 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B1(2,0)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B1(2,0)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	14352 W	- 6422 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	69,1 %	- 30,9 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1398,5 kWh/TO	+ 63,5 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	27,60 MWh	- 13,56 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 702 Kč	- 20 459 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	189 078 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	9,24 let	
Snížení nákladů na vytápění v %:	0 %	- 30,92 %	

## 5.6 VARIANTA B2(1,5) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )

Tato varianta kombinuje zateplení obvodové fasády šedým polystyrenem se součinitelem prostupu tepla  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  a výměny oken podle varianty E z kapitoly č. 3, která je zatím nejvhodnější a poslouží nám pro porovnání s variantami B2. V případě zateplení minerální vatou TF PROFI by se investice zvýšila o cca 25 tisíc Kč a návratnost pak vychází přibližně na něco málo přes 10 let, tedy přibližně o rok déle (u každé varianty).

Tab. 5.7 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B2(1,5)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B2(1,5)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_C$ :	20774 W	14140 W	- 6634 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	68,1 %	- 31,9 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1094 kWh/TO	- 241 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	27,46 MWh	- 13,70 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 489 Kč	- 20 672 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	185 582 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	8,98 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 31,24 %	

## 5.7 VARIANTA B2(1,8) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )

Jde o kombinaci zateplení a výměny oken, které jsou o 30 cm delší jako v předchozím případě. Snížení celkové ztráty objektu je o 0,2 % nižší, avšak díky více slunečnímu záření se náklady na vytápění opět snížili o cca 230 Kč za rok, tedy o 0,35 % oproti variantě B2(1,5). Jedná se tedy i o větší zisk z dotace. Investice do větších oken nás vyjde o 1 500 Kč více, ale návratnost je o něco málo dokonce kratší.

V porovnání s variantou B1(1,8) je návratnost stále stejná, ale za větší tloušťku izolace je potřeba si připlatit o 3 500 Kč víc. Výhodou je procentuální snížení nákladů za vytápění o 0,7 %.

Tab. 5.8 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B2(1,8)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B2(1,8)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_C$ :	20774 W	14180 W	- 6594 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	68,3 %	- 31,7 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1329,8 kWh/TO	- 5,2 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	27,31 MWh	- 13,85 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 260 Kč	- 20 901 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	186 983 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	8,95 let	
Snížení nákladů na vytápění v %:	0 %	- 31,59 %	

### 5.8 VARIANTA B2(2,0) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )

Jde o kombinaci zateplení a výměny oken, které jsou o 50 cm delší jako při variantě B2(1,5) a o 20 cm delší než v předchozím případě. Snížení celkové ztráty objektu je téměř stejné jako v předchozím případě, tedy i náklady na vytápění. Tato varianta se tedy opět až tak výhodně neoplatí v porovnání s předchozí variantou.

Tab. 5.9 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B2(2,0)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B2(2,0)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	14207 W	- 6567 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	68,4 %	- 31,6 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1398,5 kWh/TO	+ 63,5 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	27,30 MWh	- 13,86 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 242 Kč	- 20 919 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	192 604 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	9,21 let	
Snížení nákladů na vytápění v %:	0 %	- 31,62 %	

### 5.9 VARIANTA B3(1,5) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )

Tato varianta kombinuje zateplení obvodové fasády šedým polystyrenem se součinitelem prostupu tepla  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$  a výměny oken podle varianty E z kapitoly č. 3, která je zatím nejvhodnější a poslouží nám pro porovnání s variantami B3. V případě zateplení minerální vatou TF PROFI by se investice zvýšila o téměř 30 tisíc Kč a návratnost pak vychází přibližně na něco málo přes 10 let, tedy přibližně o rok déle (u každé varianty).

Zajímavé je si však povšimnout, že návratnost i při vyšší investici za tepelnou izolaci je pořád stejná, a to přibližně 9 let.

Tab. 5.10 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B3(1,5)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B3(1,5)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	13992 W	- 6634 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	67,4 %	- 32,6 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1094 kWh/TO	- 241 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	27,15 MWh	- 14,01 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 019 Kč	- 22 142 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	191 492 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	9,06 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 31,96 %	

### 5.10 VARIANTA B3(1,8) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )

Jde o kombinaci zateplení a výměny oken, které jsou o 30 cm delší jako v předchozím případě.

V porovnání s variantou B1(1,8) je návratnost stále stejná, ale za větší tloušťku izolace je potřeba si připlatit o 5773 Kč víc. Výhodou je procentuální snížení nákladů za vytápění o 1,4 %. Částka 5773 Kč v porovnání s celkovou investicí za zateplení fasády a výměnu oken za téměř 200 tisíc poměrně malá a proto tato varianta vychází ze všech nejlépe a zaručí značnou úsporu na vytápění.

Tab. 5.11 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B3(1,8)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B3(1,8)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_C$ :	20774 W	14034 W	- 6740 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	67,6 %	- 32,4 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1329,8 kWh/TO	- 5,2 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	27,00 MWh	- 14,16 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	44 798 Kč	- 21 363 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	192 756 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	9,02 let	
Snížení nákladů na vytápění v %:	0 %	- 32,29 %	

### 5.11 VARIANTA B3(2,0) – kombinace okna + zateplení ( $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}^{-1}$ )

Jde o kombinaci zateplení a výměny oken, které jsou o 50 cm delší jako při variantě B3(1,5) a o 20 cm delší než v předchozím případě. Snížení celkové ztráty objektu je téměř stejné jako v předchozím případě, tedy i náklady na vytápění. Tato varianta se tedy opět až tak výhodně neoplatí v porovnání s předchozí variantou.

Tab. 5.12 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B3(2,0)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B3(2,0)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_C$ :	20774 W	14061 W	- 6713 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	67,7 %	- 32,3 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1398,5 kWh/TO	+ 63,5 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	26,99 MWh	- 14,17 MWh
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	44 780 Kč	- 21 381 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	198 416 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	9,28 let	
Snížení nákladů na vytápění v %:	0 %	- 32,32 %	



## 6 ZDROJE TEPELNÉ ENERGIE

Vytápění RD tvoří největší část spojenou s provozem domu. Každé palivo má nějaké výhody i nevýhody. Původně se vytápělo převážně pevnými palivy, dřevem a uhlím. Jenže doba je jiná, modernější. Kdysi příprava dřeva nebyl žádný problém. Pak nastala doba, kdy si lidi raději připlatili a vytápěli plynem a nemuseli se o téměř nic starat. Dnes se opět vrací i k vytápění dřevem z důvodu stoupajících cen za plyn. Vytápění biomasou je ekologické a zároveň dnešní politika tento způsob využití podporuje dotacemi.



Obr. 6.1 Oficiální logo dotačního programu: nová zelená úsporám [37]

Avšak tato politika a cenové relace mají vliv i na částečné vracení k vytápění uhlím. Jedná se však o vytápění spojené s negativními vlivy na životní prostředí. [38]

Jak už bylo vypočteno v kapitole č. 2, náklady na vytápění jsou vysoké. Výměnou stávajícího kotle za nový se může ušetřit hodně peněz i životní prostředí díky ekologičtějším systémům spalování. Pro porovnání jednotlivých typů zdrojů tepelné energie je výhodnější program: „Porovnání nákladů na vytápění TZB-info“ [11]. Po kliknutí na ikonu „kalkulačky“ je možné zjistit investici do nového zařízení i životnost, která je předem vyplněna. Výše investice má v sebe zahrnuto i investici za komín i topnou soustavu. V našem případě se jedná pouze o výměnu kotle, tudíž tyto dvě položky jsou vyškrtnuty. Je dobré myslet nejenom ekonomicky, ale i ekologicky.



Obr. 6.2 Myšlení má být nejenom ekonomické, ale i ekologické. [39 + 40]

Je dobré zvážit, zda-li se výměna opravdu oplátí. Náhrada závisí převážně na stáří a aktuálním stavu kotle, výkonu kotle, druhu zařízení a spokojenost s daným typem vytápění a skladování paliva, s čím jsou spojeny náklady na spotřebu. Dále se výměna vykonává, pokud jsou naměřeny vysoké emise škodlivin. [35]

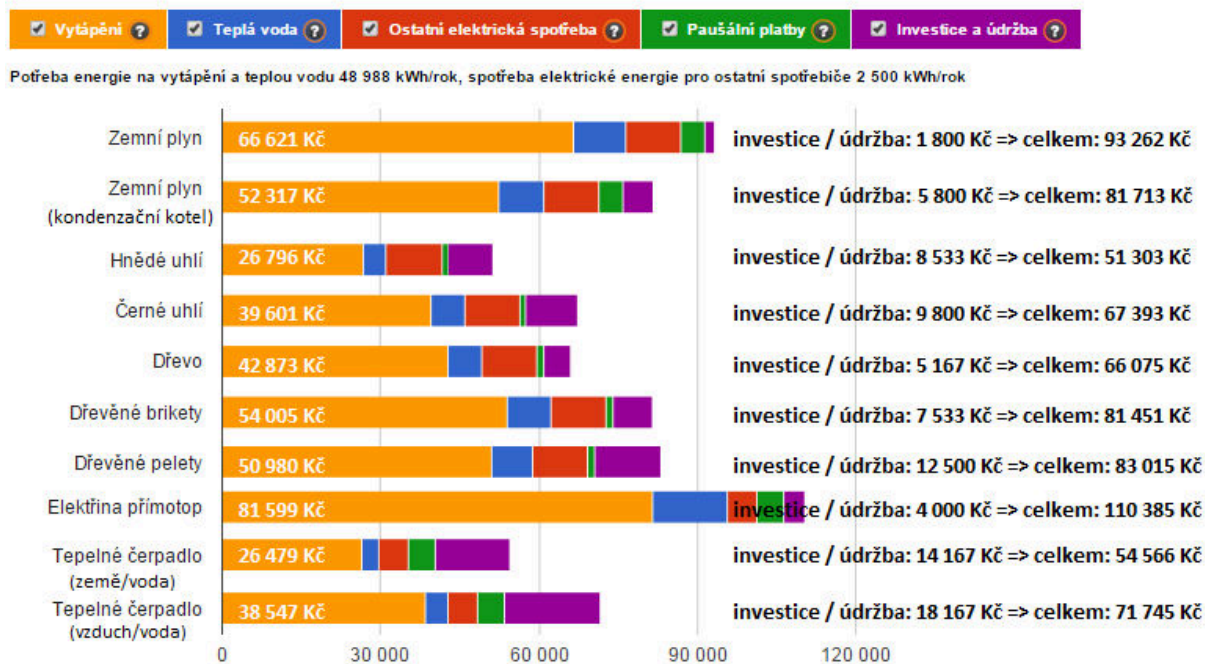
Porovnání bylo provedeno pro běžné typy kotlů, jako je kotel na dřevo, dřevěné brikety nebo pelety, kotel na černé a hnědé uhlí, kotel na zemní plyn, vytápěno elektrickým přímotopem, tepelným čerpadlem a solárními kolektory.

V celkových ročních nákladech nejsou zahrnuty tepelné zisky.

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ]	Roční náklady [Kč] ?					
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem
Zemní plyn <input checked="" type="checkbox"/>								
Běžný plynový kotel 89 %	1.23874 /kWh 277 /měsíc	5 845 m <sup>3</sup> 61 667 kWh	66 621	9 768	10 549	4 524	1800	93 262
RWE Energie, a.s.								
Zemní plyn <input checked="" type="checkbox"/>								
Kondenzační kotel 102 %	1.23874 /kWh 277 /měsíc	4 655 m <sup>3</sup> 49 115 kWh	52 317	8 523	10 549	4 524	5800	81 713
RWE Energie, a.s.								
Hnědé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>								
Automatický kotel na uhlí 86 %	2.9 /kg /měsíc	10 697 kg	26 796	4 225	10 549	1 200	8533	51 303
Černé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>								
Automatický kotel na uhlí 86 %	5.5 /kg /měsíc	8 335 kg	39 601	6 244	10 549	1 200	9800	67 393
Dřevo <input checked="" type="checkbox"/>								
Zplynovací kotel na dřevo 86 %	3.5 /kg /měsíc	14 046 kg	42 873	6 286	10 549	1 200	5167	66 075
Dřevěné brikety <input checked="" type="checkbox"/>								
Klasický kotel na dřevo s AKU nádrží 78 %	4.8 /kg /měsíc	12 952 kg	54 005	8 163	10 549	1 200	7533	81 451
Dřevěné pelety <input checked="" type="checkbox"/>								
Speciální kotel na pelety 92 %	5.4 /kg /měsíc	10 883 kg	50 980	7 786	10 549	1 200	12500	83 015
Elektrina přímotop <input checked="" type="checkbox"/>								
Podlahové elektrické plochy 99 %	NT 2.22452 /kWh VT 2.70494 /kWh	43 009 kWh	81 599	14 076	5 622	5 088	4000	110 385
D45d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	424 /měsíc							
Tepelné čerpadlo <input checked="" type="checkbox"/>								
Země/voda Top. faktor: 4.3	NT 2.22089 /kWh VT 2.5912 /kWh	13 380 kWh	26 479	3 235	5 596	5 088	14167	54 566
D58d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	424 /měsíc							
Tepelné čerpadlo <input checked="" type="checkbox"/>								
Vzduch/voda Top. faktor: 3.2	NT 2.22089 /kWh VT 2.5912 /kWh	19 314 kWh	38 547	4 348	5 596	5 088	18167	71 745
D58d jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně	424 /měsíc							

Obr. 6.3 Grafické porovnání vybraných paliv [11]

#### Porovnání ročních nákladů na energie v domě



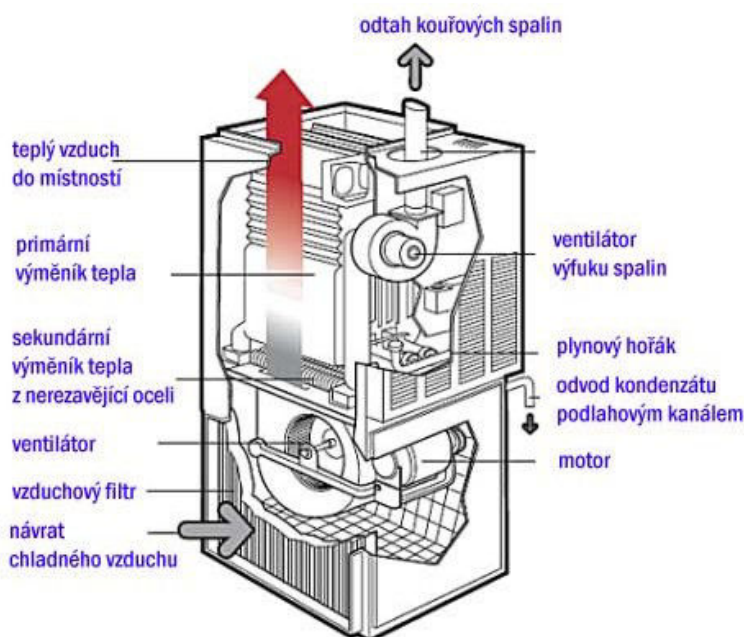
Obr. 6.4 Grafické porovnání vybraných paliv [11]

## 6.1 PŮVODNÍ KOTEL NA PLYN

Původní kotel na plyn má účinnost 89 %. Náklady na vytápění vychází 66 621 Kč. Celkové náklady vychází 93 262 Kč. Roční investice za prohlídku komínu a servis vychází na 1 800 Kč za rok. Výměnou se dosáhne vyšší účinnost a nižší roční platby za energie.

## 6.2 KONDENZAČNÍ PLYNOVÝ KOTEL

Plynový kondenzační kotel se často nahrazuje běžným plynovým kotlem, v případě zateplení se tato operace doporučuje ještě více. Kondenzační plynový kotel využívá „modulaci plamene“. Dokáže měnit výkon pomocí změny velikosti plamene. Starší plynové kotle pracují na principu ON / OFF. Konstrukce kondenzačního kotle je provedena tak, aby ve výměníku docházelo ke kondenzaci vody ze spalin. Jelikož spalujeme zemný plyn, je podíl vody ve spalínách poměrně velký a máme velké i kondenzační teplo. V případě zateplení domu nám poklesne teplota topné vody vracející se zpět do kotle pod teplotou rosného bodu spalin. Tomuto se dá zabránit použitím směšování. Pro kondenzační kotel je to výhoda a získá teplo navíc. Proto se obvykle potkáme s tím, že kondenzační kotel má uvedenou účinnost přes 100 %. [1]



Obr. 6.5 Popis kondenzačního plynového kotle [41]

Tab. 6.1 Výhody / nevýhody kondenzačního plynového kotle [41]

VÝHODY	NEVÝHODY
Automatická regulace bez zásahů obsluhy	Vysoké náklady na přípojku pokud není již zavedena
Přijatelná cena topných plynů	
Vysoká výhřevnost a účinnost	Vyšší provozní náklady na vytápění v porovnání s tuhými palivy
Není potřeba zděný komín	
Snadná doprava paliva	Nutnost zajistit odvod kondenzátu



Kondenzační plynové kotle jsou dvou typů. Prvním typem jsou závěsné kotle, které se instalují do koupelny, předsíně nebo i kuchyně. Druhým typem jsou stacionární kotle s robustnější konstrukcí, kterou je nutno instalovat na podlahu ve sklepě nebo v kotelně.



Obr. 6.6 Způsob umístění kondenzačního kotle. (vlevo stacionární, vpravo závěsný) [38]

Tab. 6.2 Porovnání výsledků PŮVODNÍ KOTEL / KOND. PLYN. KOTEL

TYP KOTLE:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	PLYNOVÝ KOTEL KONDENZAČNÍ (účinnost 102 %)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	52 317 Kč	-14 304 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	8 523 Kč	-1 245 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	10 549 Kč	0 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	4 524 Kč	0 Kč
*Roční INVESTICE:	1 800 Kč	5 000 Kč	3 200 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 000 Kč	-800 Kč
Prohlídka komínu:	800 Kč	0 Kč	-800 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 000 Kč	0 Kč
Zdroj tepla:	0 Kč	60 000 Kč	životnost 15 let
*Roční náklady celkem	93 262 Kč	80 913 Kč	-12 349 Kč
Roční náklady celkem:	93 262 Kč	76 913 Kč	-16 349 Kč
INVESTICE do KOTLE:	0 Kč	60 000 Kč	60 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	3,67	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-21,47%	

\* (v případě zahrnutí investice za zdroj a příslušenství do roční investice po dobu životnosti zařízení)

Investice do nového kondenzačního kotle vychází na 60 tisíc Kč. Celkové roční náklady se nám sníží o 16 349 Kč a prostá návratnost vychází 3,67 let. Náklady na vytápění se snížili o 21,5 %, co je 14 304 Kč.

### 6.3 KOTEL NA DŘEVO / BRIKETY / PELETY

První materiál, který kdy byl použit jako palivo pro vytápění, bylo dřevo již v pravěku. Dnes se však dřevem stále hojně vytápí z důvodu i vysoce účinných kotlů, ale i z tradice a nostalgie dívání se do ohně. Tento pocit je nenahraditelný a vytváří pocit domova.

Další podstatnou výhodou je to, že se jedná o levný a ekologický způsob vytápění, který je navíc dotován. Cena samotného kotle na dřevo není nijak závratná. Vyšší investice je však při pořízení skladu paliva, aby bylo dosaženo kvality dřeva. Kvalita dřeva závisí na vlhkosti a typu a formě zpracování daného stromu. Kvalitní dřevo má podíl vlhkosti do 20 %. Tuto hodnotu lze dosáhnout při sušení po dobu alespoň 2 let. Dřevo musíme ochránit před deštěm a sněhem. V našem případě je potřeba množství dřeva na jeden rok až 14 tisíc kg dřeva a na to je potřeba velký sklad. [43]



*Obr. 6.7 Způsoby uskladnění dřeva pro vytápění.  
(vlevo ocelový přístřešek na dřevo Siebau, vpravo klasická stříška na dřevo) [42 + 43]*

Pro spalování lze použít i dřevo upraveno do podoby dřevěných briket nebo pelet. Tento materiál má již zaručenou vhodnost pro okamžité spalování s doporučeným množstvím vlhkosti.



*Obr. 6.8 Různé typy palivového dřeva.  
(Zleva doprava: kulatina, štěpiny, dřevěné brikety, dřevěné pelety) [45]*

Zplynovací kotel na dřevo slouží k spalování dřevní hmoty. Může spalovat brikety, pelety i štěpku. Princip spočívá v generátorovém zplyňování s použitím odtahového ventilátoru, který spaliny odsaje z kotle. Ventilátor vhání sekundární vzduch do spalovací komory (tlakový ventilátor), případně vzduch odsává (odtahový ventilátor), čímž zajišťuje zvýšený průtok vzduchu a tedy i dokonalejší spalování. Výhodou je automatická regulace výkonu řízeným přivíráním a otevíráním vzduchové klapky a tahem ventilátoru podle teploty snímané termostatem. [43]

Vytápění peletami je ekologické, jedná se o slisovaný granulát z biomasy. Kvalitnější pelety mají světlejší barvu s výhřevností kolem 18 MJ/kg. V případě pelet se množství na jeden rok sníží na 12 tisíc kg paliva ale prodávají se převážně se zásobníkem, takže se jedná o poměrně samostatný proces bez nutného pravidelného zásahu vkládání paliva. [44]



Obr. 6.9 Zplyňovací kotel (vlevo), speciální kotel na pelety (vpravo) [43 + 44]

V případě výměny plynového kotle za kotel na dřevo se náklady snížili až o 23 750 Kč. Procentuálně vyjádřeno se jedná o 35,65 %. V porovnání s kondenzačním plynovým kotlem je úspora až téměř 9 500 Kč na vytápění a celkově až o 15 tisíc Kč za rok. Investice do kotle a příslušenství vychází na 50 tisíc Kč, co je o 10 tisíc méně v porovnání s kondenzačním kotlem. Návratnost v tomto případě vychází na pouhých 1,6 roku.

U výměny kotle za kotel na brikety jsou výsledky už trochu horší. Procentuální snížení nákladů na vytápění je 19 % a návratnost je 7,65 roku. Návratnost je vysoká z důvodu vysoké počáteční investice za sklad a AKU nádrž, ale zdroj vychází o 10 tisíc méně než u zplynovacího kotle na dřevo. Celková investice je až 138 tisíc Kč.

Pokud by jsme zvolili speciální kotel na pelety s účinností 92 %, náklady na vytápění jsou menší o 23,5 %. Návratnost se blíží k 11 letem. Investice pouze za zdroj tepla je 105 000 Kč. Další obrovskou položkou je skladování paliva, které vychází na dalších 120 000 Kč.

Investice je vysoká, ale v případě žádosti o dotaci se počáteční investice vrátí rychleji.



Tab. 6.3 Porovnání výsledků PŮVODNÍ KOTEL / ZPLYNOVACÍ KOTEL NA DŘEVO / KLASICKÝ KOTEL NA DŘEVO S AKU NÁDRŽÍ / SPECIÁLNÍ KOTEL NA PELETY

TYP KOTLE:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	ZPLYNOVACÍ KOTEL NA DŘEVO (účinnost 86 %)		KLASICKÝ KOTEL NA DŘEVO S AKU NÁDRŽÍ (účinnost 78 %)		SPECIÁLNÍ KOTEL NA PELETY (účinnost 92 %)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	42 873 Kč	-23 748 Kč	54 005 Kč	-12 616 Kč	50 980 Kč	-15 641 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	6 286 Kč	-3 482 Kč	8 163 Kč	-1 605 Kč	7 786 Kč	-1 982 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	10 549 Kč	0 Kč	10 549 Kč	0 Kč	10 549 Kč	0 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	1 200 Kč	-3 324 Kč	1 200 Kč	-3 324 Kč	1 200 Kč	-3 324 Kč
*Roční INVESTICE:	1 800 Kč	5 167 Kč	3 367 Kč	7 533 Kč	5 733 Kč	12 500 Kč	10 700 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 500 Kč	-300 Kč	1 300 Kč	-500 Kč	1 500 Kč	-300 Kč
Prohlídka komínu:	800 Kč	800 Kč	0 Kč	800 Kč	0 Kč	800 Kč	0 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	700 Kč	-300 Kč	500 Kč	-500 Kč	700 Kč	-300 Kč
Zdroj tepla:	0 Kč	35 000 Kč	životnost 12 let	25 000 Kč	životnost 12 let	105 000 Kč	životnost 15 let
Sklad paliva:	0 Kč	15 000 Kč	životnost 20 let	90 000 Kč	životnost 30 let	120 000 Kč	životnost 30 let
Aku nádrž:	0 Kč	0 Kč	0 Kč	23 000 Kč	životnost 20 let	0 Kč	0 Kč
*Roční náklady celkem	93 262 Kč	66 075 Kč	-27 187 Kč	81 450 Kč	-11 812 Kč	83 015 Kč	-10 247 Kč
Roční náklady celkem:	93 262 Kč	62 408 Kč	-30 854 Kč	75 217 Kč	-18 045 Kč	72 015 Kč	-21 247 Kč
INVESTICE do KOTLE:	0 Kč	50 000 Kč	50 000 Kč	138 000 Kč	138 000 Kč	225 000 Kč	225 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	1,62		7,65		10,59	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-35,65%		-18,94%		-23,48%	

\* (v případě zahrnutí investice za zdroj a příslušenství do roční investice po dobu životnosti zařízení)

## 6.4 KOTEL NA HNĚDÉ / ČERNÉ UHLÍ

Na vytápění se stále používá i hnědé a černé uhlí. Jedná se o fosilní zdroje energie. Fosilní paliva vznikli ze zbytků živočišných a rostlinných těl, na které po dlouhou dobu i milióny let působila sluneční energie, která se zde uložila. Tyto úložiště jsou však omezené a během několik desetiletí mohou být už jen hezkou vzpomínkou.

Výhodou je vyšší výhřevnost v porovnání s dřevem a jednoduchost obsluhy. Pořizovací cena je nízká a návratnost se pohybuje v jednotkách roků. Vytápění se obejde i bez elektrické energie. Často se dává přednost kotlům s automatickým přikládáním. [46]



Obr. 6.10 Automatický kotel na uhlí [46]

Náklady za vytápění v případě výměny plynového běžného kotle za kotel na hnědé uhlí se sníží až o téměř 60 %, vyjádřeno v penězích to je úspora 40 tisíc Kč. Celkové roční náklady se sníží o 48 700 Kč na 44 570 Kč. Celkové náklady jsou tedy ani ne poloviční.

Je však nutné uskladnit téměř 11 tun hnědého uhlí. Sklad vychází na 90 tisíc Kč. Celkem i se zdrojem tepla je potřebná investice 146 tisíc Kč. Návratnost je však velmi přijatelná, a to pouze 3 roky. Nevýhodou je, že se jedná o fosilní palivo, na které není poskytnuta dotace.

Při investici do kotle na černé uhlí se nám investice zvýší o 14 tisíc Kč a návratnost prodlouží na téměř 5 let. Úspora na nákladech na vytápění je horší v porovnání s hnědým uhlím, ale stále vychází pozitivně, a to 40,56 %.

Tab. 6.4 Porovnání výsledků PŮVODNÍ KOTEL / AUTOMATICKÝ KOTEL  
NA HNĚDÉ / ČERNÉ UHLÍ

TYP KOTLE:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost 89 %)	AUTOMATICKÝ KOTEL NA HNĚDÉ UHLÍ (účinnost 86 %)		AUTOMATICKÝ KOTEL NA ČERNÉ UHLÍ (účinnost 86 %)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	26 796 Kč	-39 825 Kč	39 601 Kč	-27 020 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	4 225 Kč	-5 543 Kč	6 244 Kč	-3 524 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	10 549 Kč	0 Kč	10 549 Kč	0 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	1 200 Kč	-3 324 Kč	1 200 Kč	-3 324 Kč
*Roční INVESTICE:	1 800 Kč	8 533 Kč	6 733 Kč	9 800 Kč	8 000 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 800 Kč	0 Kč	1 800 Kč	0 Kč
Prohlídka komínu:	800 Kč	800 Kč	0 Kč	800 Kč	0 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 000 Kč	0 Kč	1 000 Kč	0 Kč
Zdroj tepla:	0 Kč	56 000 Kč	životnost 15 let	80 000 Kč	životnost 15 let
Sklad paliva:	0 Kč	90 000 Kč	životnost 30 let	80 000 Kč	životnost 30 let
*Roční náklady celkem	93 262 Kč	51 303 Kč	-41 959 Kč	67 394 Kč	-25 868 Kč
Roční náklady celkem:	93 262 Kč	44 570 Kč	-48 692 Kč	59 394 Kč	-33 868 Kč
INVESTICE do KOTLE:	0 Kč	146 000 Kč	146 000 Kč	160 000 Kč	160 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	3,00		4,72	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-59,78%		-40,56%	

\* (v případě zahrnutí investice za zdroj a příslušenství do roční investice po dobu životnosti zařízení)

## 6.5 ELEKTRICKÉ VYTÁPĚNÍ

Vytápět elektřinou je dnes poměrně rozšířené, v případě připojení k dostatečně silné elektrické rozvodné síti. Vytápění elektřinou se používá i jako nouzový zdroj, kde není možnost použít jiné zdroje. Výhodou je ekologičnost a komfort obsluhy.

Vytápění probíhá pomocí akumulárního topení levným nočním proudem, nejedná se ovšem o velkou efektivitu kvůli nesnadné regulaci a komfortu. Přednost se dává vytápění přímotopem, které jsou vhodné i pro místa vytápěné méně často. [38]



Přímotopy pracují na principu konvektorů, které pracují samostatně. Vyznačují se rychlou a levnou instalací bez potřeby stavebních zásahů a úprav. Nevýhodou však je dražší provoz pokud se používají k dlouhodobému vytápění. [47]



Obr. 6.11 Ukázky elektrických přímotopů [47]

V předchozích případech se cena za elektrickou energii pohybovala stejně. V případě vytápění elektrickým přímotopem se nám mění sazba za elektřinu z klasické D02d na sazbu s výhodnější cenou za 1 MWh. V případě tak velkých ztrát nezateplené budovy je toto vytápění opravdu drahé a neekonomické.

Tab. 6.5 Porovnání výsledků PŮVODNÍ KOTLE / ELEKTRICKÝ PŘÍMOTOP

TYP KOTLE:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost 89 %)	ELEKTRICKÝ PŘÍMOTOP (účinnost 99 %)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	81 599 Kč	14 978 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	14 076 Kč	4 308 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	5 622 Kč	-4 927 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	6 088 Kč	1 564 Kč
*Roční INVESTICE:	1 800 Kč	4 000 Kč	2 200 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	0 Kč	-1 800 Kč
Zdroj tepla:	0 Kč	120 000 Kč	životnost 30 let
*Roční náklady celkem	93 262 Kč	111 385 Kč	18 123 Kč
Roční náklady celkem:	93 262 Kč	107 385 Kč	14 123 Kč
INVESTICE do KOTLE:	0 Kč	120 000 Kč	120 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	-	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	22,48%	

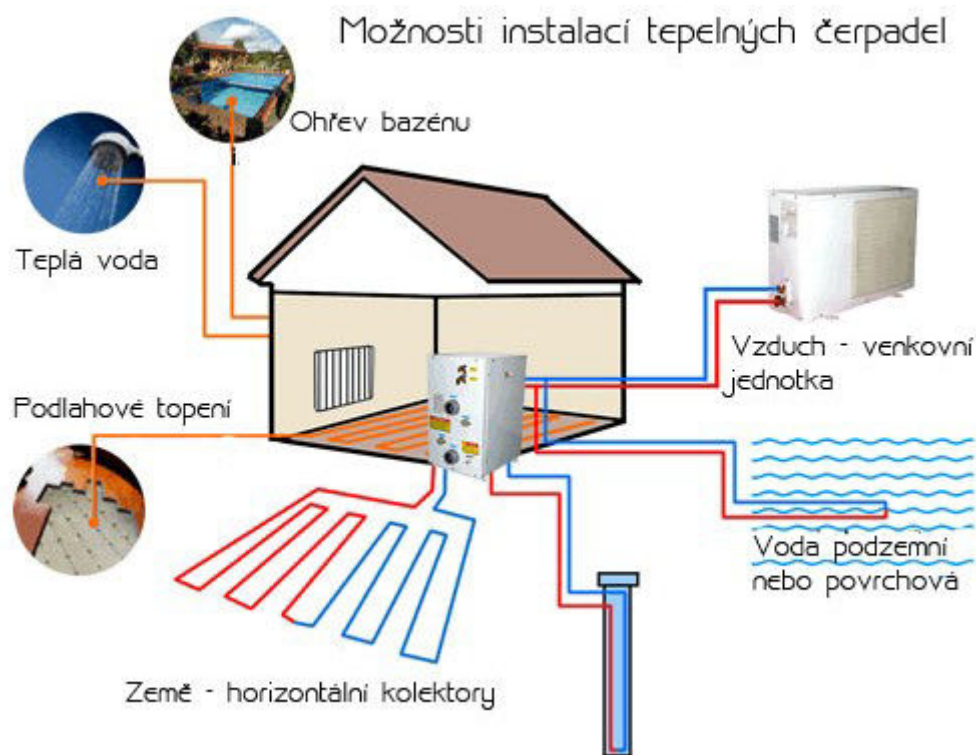
\* (v případě zahrnutí investice za zdroj a příslušenství do roční investice po dobu životnosti zařízení)

Návratnost v případě výměny kotle za elektrický přímotop je záporná hodnota. Celkové roční náklady jsou totiž o 14 tisíc vyšší. Nastalo zvýšení nákladů na vytápění až o + 22,5 %.

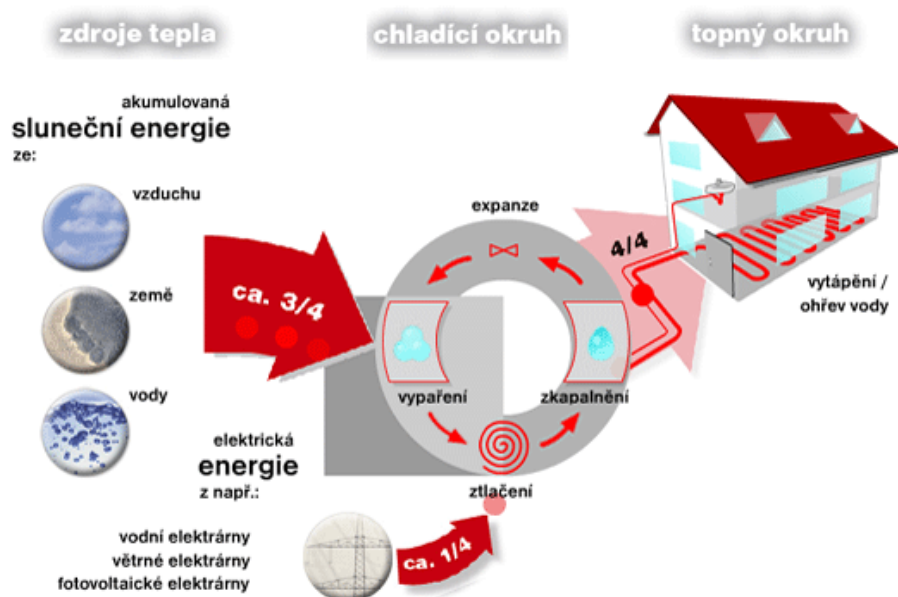
## 6.6 VYTÁPĚNÍ TEPELNÝM ČERPADLEM

Nejrozšířenějším alternativním způsobem vytápění je tepelné čerpadlo. Získává energii z kumulovaného tepla v okolí domu, které se tam dostalo paprsky Slunce.

V případě vytápění tepelným čerpadlem se poskytuje dotace ve velké výši z důvodu úsporného a ekologického vytápění.



Obr. 6.12 Možnosti instalace tepelných čerpadel [48]



Obr. 6.13 Princip tepelného čerpadla [36]

Na Obr. 6.13 Princip tepelného čerpadla je uveden základní cyklus tepelného čerpadla. Energie je získávána z okolí domu. Tato energie je v podstatě nahromaděné sluneční teplo ve vzduchu, v zemi a v podzemních vodách. Tepelné čerpadlo tuto energii dokáže využít pro vytápění a ohřev užitkové vody. Principem je koloběh v uzavřeném chladícím okruhu čerpadla, kde dochází k vypaření, stlačení a zkapalnění chladiva, které je ekologické. Nastane zvýšení tlaku a i teplota chladiva.

Vhodnost investice do tepelného čerpadla je především úspora za vytápění. Investice se při cenách plynu a pevných paliv vrátí rychle a zvýší nám hodnotu domu. Navíc jsme nezávislí od společností, které si ceny za paliva navyšují ve svůj prospěch. Dokonce i v případě přerušení dodávek plynu jsme imunní. Pokud máme v létě přebytky, lze je využít pro ochlazování místností nebo naopak pro ohřev vody v bazéně. Na tepelné čerpadlo se nedá stěžovat ani v oblasti ekologie.

Náklady za vytápění v případě výměny plynového běžného kotle za tepelné čerpadlo typu země/voda se sníží až o 60 %, vyjádřeno v penězích to je úspora 40 tisíc Kč. Výsledky úspory na vytápění jsou totožné s kotlem na uhlí. Dosáhneme však ještě o 0,5 % lepší snížení nákladů na vytápění.

Celkové roční náklady se snížili na 41 400 Kč. Dosáhli jsme úsporu až 55,6 %. Investice ve výši 280 tisíc Kč se nám vrátí již po 5,5 roku. Při podání žádosti o dotaci se pohybuje návratnost ještě výhodněji.

Při investici do tepelného čerpadla typu vzduch/voda je návratnost taky přijatelná. Avšak investice je o 30 tisíc vyšší než při typu země/voda, a tedy i návratnost je o rok delší.

Tab. 6.6 Porovnání výsledků PŮVODNÍ KOTEL / TEPELNÉ ČERPADLO  
(ZEMĚ/VODA / VZDUCH/VODA)

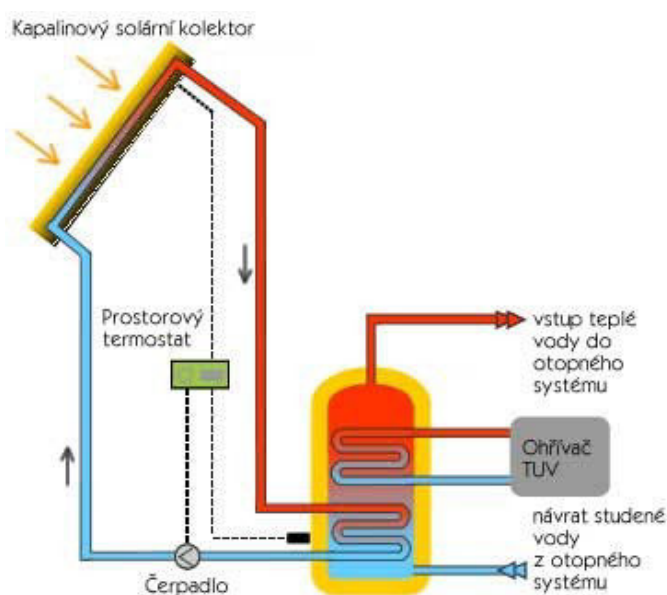
TYP KOTLE:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ/VODA (top. faktor: 4,3)		TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH/VODA (top. faktor: 3,2)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	26 479 Kč	-40 142 Kč	38 547 Kč	-28 074 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	3 235 Kč	-6 533 Kč	4 348 Kč	-5 420 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	5 596 Kč	-4 953 Kč	5 596 Kč	-4 953 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	5 088 Kč	564 Kč	5 088 Kč	564 Kč
*Roční INVESTICE:	1 800 Kč	14 167 Kč	12 367 Kč	18 167 Kč	16 367 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 000 Kč	-800 Kč	1 500 Kč	-300 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 000 Kč	0 Kč	1 500 Kč	500 Kč
Zdroj tepla:	0 Kč	230 000 Kč	životnost 20 let	250 000 Kč	životnost 15 let
Primární okruh:	0 Kč	50 000 Kč	životnost 30 let	0 Kč	-
*Roční náklady celkem	93 262 Kč	54 565 Kč	-38 697 Kč	71 746 Kč	-21 516 Kč
Roční náklady celkem:	93 262 Kč	41 398 Kč	-51 864 Kč	55 079 Kč	-38 183 Kč
INVESTICE do KOTLE:	0 Kč	280 000 Kč	280 000 Kč	250 000 Kč	250 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	5,40		6,55	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-60,25%		-42,14%	

\* (v případě zahrnutí investice za zdroj a příslušenství do roční investice po dobu životnosti zařízení)

## 6.7 VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE NA OHŘEV VODY A PŘITÁPĚNÍ

Využití solární energie závisí především na lokalitě. V ČR je množství sluneční energie na  $1 \text{ m}^2$  přibližně  $1000 - 1100 \text{ kWh/m}^2$ . Právě těch  $1100 \text{ kWh/m}^2$  se může pochválit například jižní Morava. Pro kompletní vytápění domu je to však málo, ale na ohřev vody a přitápění je to ideální způsob, pokud chceme především myslet na životní prostředí. Dosažitelná úspora může být 15 - 35 % ročních výdajů na topení. Propracované technologie se chválí i úsporou 60 %. [49]

Pro získání tepla je potřebné umístit na střechu nebo jinou plochu solární kolektory, tak aby na ně dopadalo co nejvíce slunečních paprsků. V kolektorech se ohřívá teplonosná kapalina, která tudy protéká a předá získané teplo ze Slunce výměníkem přímo do akumulární nádrže teplovodního topení.



Obr. 6.12 Schéma kapalinového solárního kolektoru [51]

V případě obydlení domu čtyřčlennou rodinou se doporučuje šest a více slunečních kolektorů pro ohřev a přitápění se zásobníkem na alespoň 800 litrů. [15]

V případě pouze potřeby na ohřev teplé vody se uvádí  $1 \text{ m}^2$  plochy kolektoru na každou osobu, tedy celkem  $4 \text{ m}^2$ . V případě využití solární soustavy i na přitápění se doporučuje přidat asi  $1,2 \text{ m}^2$  plochy na každý kW tepelné ztráty domu. [50]

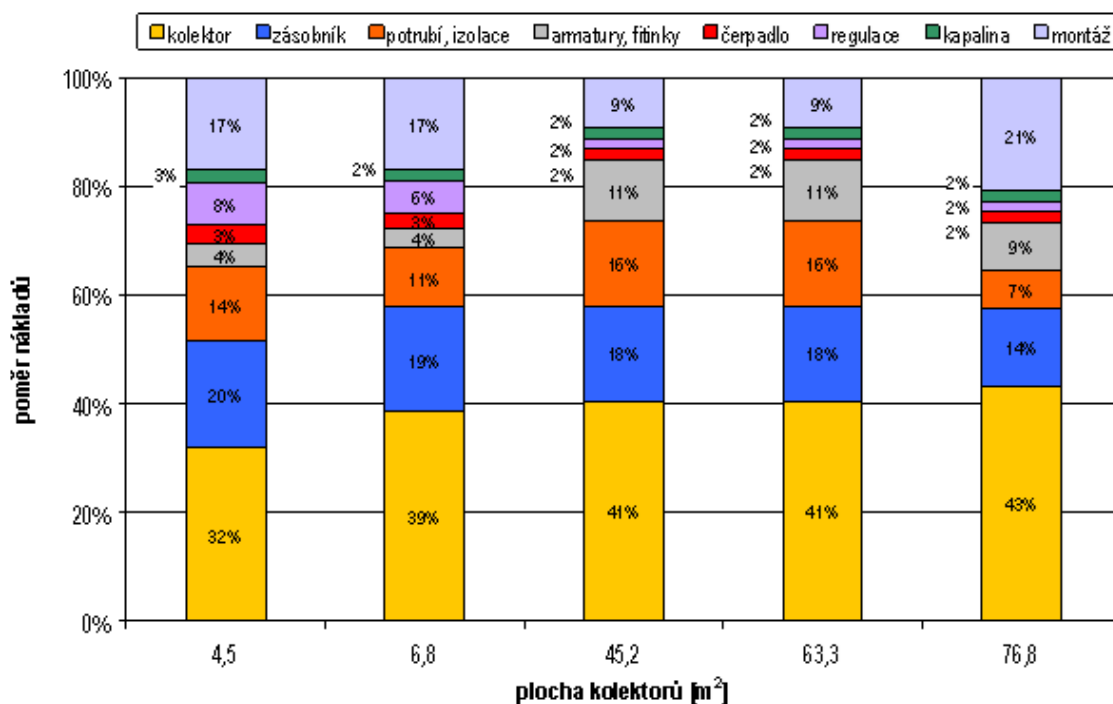
V našem případě podle tohoto doporučení by bylo potřeba na ohřev vody a přitápění až  $29 \text{ m}^2$  plochy kolektorů v případě ponechání domu v stavu před rekonstrukcí.

Tato realizace však potřebuje i stálý zdroj tepelné energie. Nejlépe se solární systémy kombinují s kotlem na elektřinu, plyn, biomasu nebo i tepelné čerpadlo.

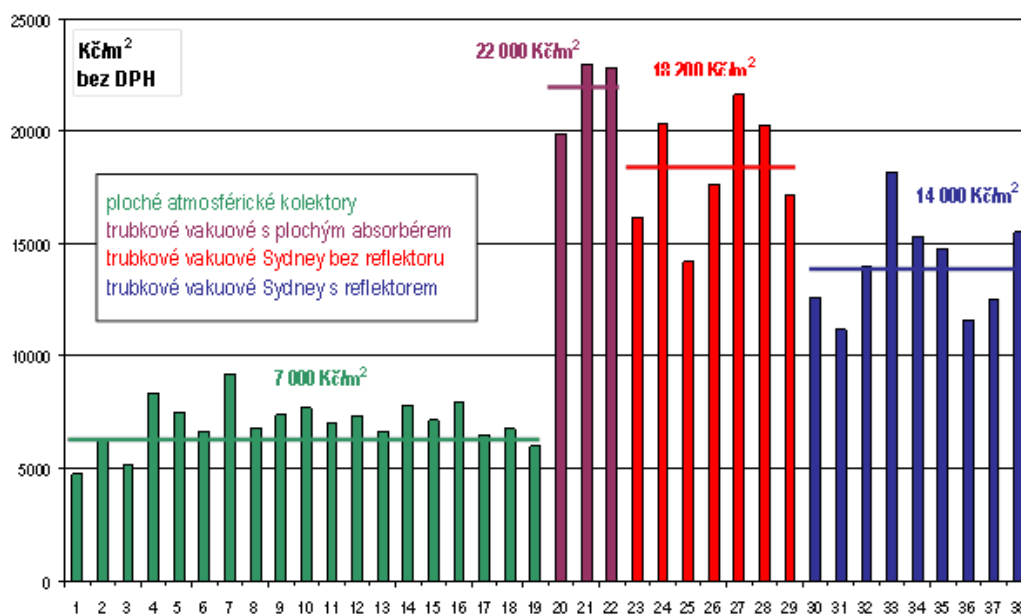
V létě však získáváme přebytky tohoto tepla z důvodu skončení topné sezóny a je potřeba někde energii využít, aby nedošlo k přehřátí soustavy. Můžeme například použít energii na ohřev vody v bazénu.

Investice do solárního systému pro ohřev vody a přitápění je poměrně vysoká. Je nutno započíst všechny výdaje spojené s instalací a koupí systému, včetně materiálu, dopravy a montáže. Investice za solární soustavu je závislá na instalované ploše a typu kolektorů.

U menších soustav pro rodinné domy tvoří kolektory (ploché) přibližně 35 % ceny. V případě kolektorů trubkových vakuových se náklady na celou soustavu zvýší o 25 až 50 %. Druhou nejdražší položkou po kolektorech jsou solární zásobníky a pak montáž a potrubí s izolací. [52]



Obr. 6.13 Rozdělení investičních nákladů na solární soustavu [52]



Obr. 6.14 Závislost ceny podle konstrukčního typu kolektoru [52]

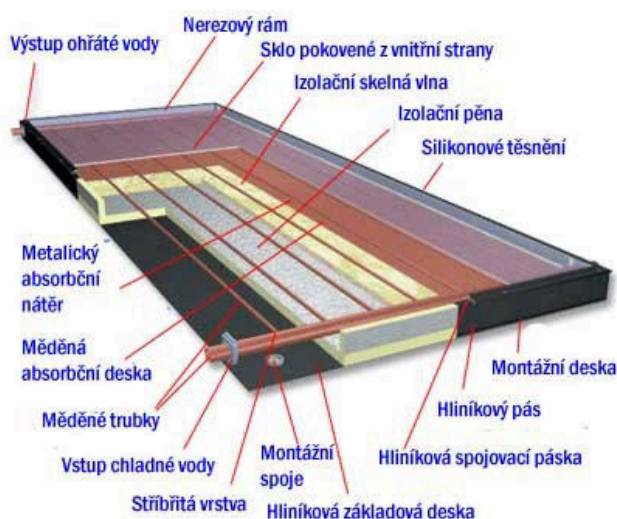


K celkové částce za solární soustavu je nutné připočíst náklady spojené se spotřebou elektrické energie pro pohon čerpadel, regulace a jiné. Je to přibližně 3 – 5 % tepelného zisku soustavy. Roční náklady na servis a údržbu jsou 0,3 až 0,5 % z investičních nákladů na pořízení solární soustavy. Čím je soustava větší, tím je opotřebení v procentech nižší. [52]

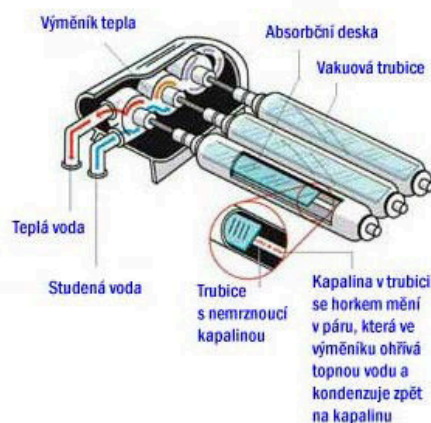
Maximální uváděná účinnost plochých kolektorů je 75 – 85 %. Ovšem v běžných podmínkách pouze 50 – 60 %. Na rozdíl vakuové trubicové kolektory s maximální účinností 70 – 80 % mají při běžných podmínkách účinnost až 60 – 65 %. Tedy vakuové nejsou až tak ovlivnitelné nepříznivými podmínkami. Ploché kolektory se používají hojněji a to především, že jsou levnější a výborně pokryjí potřebu pro ohřev vody. Vakuové dokážou pracovat vhodněji i pro režim přitápění, ale jsou mnohem dražší a mají nevýhodu - v případě sklonu 30 – 50° na nich zůstává sníh. [53]

Pro získání nejvíce energie ze Slunce by měl mít kolektor v létě sklon 30 až 40°. V zimě naopak 60 a více stupňů. Kolektory se neoplátí natáčet, proto se volí, pokud je to možné, univerzální sklon, a to 45°. [15]

### Schéma plochého deskového solárního kolektoru



### Schéma trubicového solárního kolektoru heat-pipe



Obr. 6.15 Solární kolektory (vlevo plochý deskový, vpravo vakuový trubicový) [54]

## 6.7.1 VÝPOČET SOLÁRNÍHO POKRYTÍ

Solární pokrytí  $f$ , které vychází v procentech, znamená procentuální pokrytí potřeby tepla využitelnými tepelnými zisky ze solární soustavy v daném období (1 rok).

Pro výpočet se nejčastěji používá: „Zjednodušený výpočtový postup energetického hodnocení solárních soustav podle TNI 73 0302“ z portálu TZB-info [55]. Podle těchto normalizačních informací se vychází i pro udělení dotací. Obsahuje možnosti nastavení všech vstupních parametrů: sklon a orientaci kolektorů, tepelné ztráty budovy, systému, využitelnost tepelných zisků a podobně. Pro jednoduchost obsahuje zjednodušení v podobě měsíční bilance, konstantní střední teploty v kolektorech po celý rok, ...

Nejdříve se zvolí typ způsobu využití kolektorů z možností uvedených na Obr. 6.16:

- ☐ Návrh kolektorů pro přípravu teplé vody  
☒ Návrh kolektorů pro přípravu teplé vody a vytápění  
☐ Návrh kolektorů pro bazén

Obr. 6.16 Návrh kolektorů pro požadovaný úkon [55]

Následně se vyplní již známé hodnoty pro přípravu vody a vytápění objektu uvedených na Obr. 6.17:

#### PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Počet jednotek (osob, míst, lůžek, sprch ap.)	4	jednotek ???										
Měrná spotřeba teplé vody na jednotku	82	l/jedn.den ???										
Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}$	328	l/den ???										
Snížená spotřeba tepla v letních měsících	<input type="radio"/> Ano ??? <input checked="" type="radio"/> Ne											
Teplota studené vody $t_{SV}$ (5 až 18 °C)	10	°C ???										
Teplota teplé vody $t_{TV}$ (19 až 95 °C)	55	°C ???										
Přirážka na tepelné ztráty při přípravě teplé vody :	Rodinný dům, průtokový ohřev Rodinný dům, průtokový ohřev Zásobníkový ohřev bez cirkulace Centrální zásobníkový ohřev s řízenou cirkulací Centrální zásobníkový ohřev s neřízenou cirkulací CZT, příprava TV s meziojektovými přípojkami, TV, CV ???											
<input type="checkbox"/> Zadat profil odběru teplé vody ???												
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
$Q_{p,TV}$ [kWh/měs.]	532	481	532	515	532	515	532	532	515	532	515	532

#### VYTÁPĚNÍ OBJEKTU - POUŽÍT DATA Z VÝPOČTU PODLE ČSN EN 13790

Tepelná ztráta domu $Q_z$	20,774	kW ???										
Vnitřní výpočtová teplota $t_{iv}$ (15 až 24 °C)	18,6	°C ???										
Venkovní výpočtová teplota $t_{ev}$ (-21 až -12 °C)	-12	°C ???										
Předpokládaná energetická náročnost budovy (vytápění)	běžný standard, vyhláškou požadované tepelné vlastnosti konstrukcí běžný standard, vyhláškou požadované tepelné vlastnosti konstrukcí nízkoe energetický standard, vyhláškou doporučené tepelné vlastnosti konstrukcí pasivní standard, tepelné vlastnosti konstrukcí nad rámec vyhláškou doporučených hodnot											
Přirážka na tepelné ztráty otopné soustavy v	5	% ???										
<input type="checkbox"/> Zadat hodnoty získané výpočtem podle ČSN EN ISO 13 790 ???												
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
$Q_{p,VYT}$ [kWh/měs.]	7995	6682	6126	3772	1989	0	0	0	1424	3659	5928	7478

Obr. 6.17 Zadaní hodnot pro přípravu vody a na vytápění a objektu [55]

Poslední věcí, kterou je potřeba zadat, jsou údaje o umístění kolektorů na střechu (sklon a orientace), počet kolektorů a informace o solárních kolektorech, které musí být uvedeny od výrobce solárních kolektorů. Já jsem použil hodnoty od firmy BAXI (SB 25+V vertikální deskový kolektor a SVB 26 vertikální vakuový kolektor) [59]. Celkové výsledky viz Obr. 6.18.

## PARAMETRY SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ - KŘIVKA ÚČINNOSTI JE VZTAŽENA K PLOŠE APERTURY

Optická účinnost $\eta_0$ (0 až 1)	<input type="text" value="0.821"/>	???
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru $\alpha_1$	<input type="text" value="3.669"/>	W/m <sup>2</sup> .K ???
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru $\alpha_2$	<input type="text" value="0.009"/>	W/m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> ???
Počet kolektorů	<input type="text" value="2"/>	ks ???
Plocha apertury solárního kolektoru $A_{k1}$	<input type="text" value="2.35"/>	m <sup>2</sup> ???
Celková plocha apertury kolektorů	<input type="text" value="4.7"/>	m <sup>2</sup>
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	<input type="text" value="50 °C - Příprava teplé vody a vytápění, pokrytí &lt; 25 %"/> ???	
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát $p$	<input type="text" value="Příprava teplé vody a vytápění, od 50 do 200 m2"/> ???	
Sklon kolektoru $\beta$	<input type="text" value="30"/>	° ???
Azimut kolektoru $\gamma$ (jih = 0°)	<input type="text" value="0"/>	° ???

Obr. 6.18 Parametry solárních kolektorů [55]

Výpočetní pomůcka nám automaticky generuje výsledky v podobě tabulky. Obsahuje všechny potřebné údaje viz Tab. 6.7:

Tab. 6.7 Výsledky bilance solární soustavy [55]

měsíc	n dny	$t_{ep}$ °C	$t_{es}$ °C	$G_{T,m}$ W/m <sup>2</sup>	$\eta_k$ -	$H_{T,den}$ kWh/m <sup>2</sup> .den	$H_{T,měs}$ kWh/m <sup>2</sup>	$Q_{k,u}$ kWh	$Q_{p,TV}$ kWh	$Q_{p,VYT}$ kWh	$Q_{p,BV}$ kWh	$Q_{p,c}$ kWh	$Q_{ss,u}$ kWh
leden	31	-1.5	2.2	356	0.27	1	31	32	532	7995	0	8527	32
únor	28	0	3.4	434	0.38	1.81	50.7	74	481	6682	0	7163	74
březen	31	3.2	6.5	506	0.47	3.07	95.2	171	532	6126	0	6658	171
duben	30	8.8	12.1	529	0.53	3.99	119.7	243	515	3772	0	4287	243
květen	31	13.6	16.6	543	0.58	5.02	155.6	342	532	1989	0	2521	342
červen	30	17.3	20.6	546	0.61	5.55	166.5	386	515	0	0	515	386
červenec	31	19.2	22.5	538	0.62	5.41	167.7	396	532	0	0	532	396
srpen	31	18.6	22.6	526	0.62	4.8	148.8	350	532	0	0	532	350
září	30	14.9	19.4	501	0.58	3.86	115.8	256	515	1424	0	1939	256
říjen	31	9.4	13.8	444	0.5	2.25	69.8	132	532	3659	0	4192	132
listopad	30	3.2	7.3	369	0.35	1.12	33.6	45	515	5928	0	6443	45
prosinec	31	-0.2	3.5	325	0.24	0.72	22.3	20	532	7478	0	8010	20
							1177	2446	6266	45053	0	51319	2446

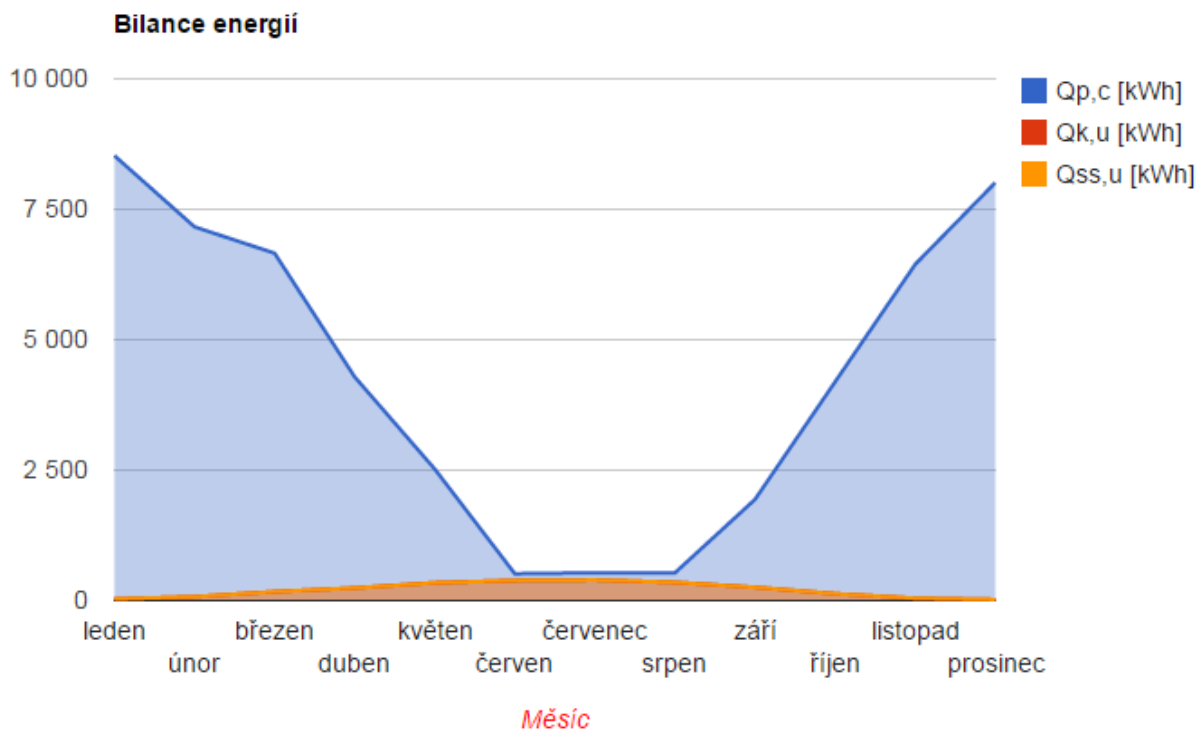
$q_{ss,u}$	520 kWh/m <sup>2</sup> .rok
f	5 % ???
$Q_{ss,u}$	2446 kWh/rok

kde:

- $\eta_k$  ... průměrná denní účinnost solárního kolektoru pro daný měsíc [-],  
 $Q_{k,u}$  ... teoretický měsíční využitelný tepelný zisk ze solárních kolektorů [kWh/měs],  
 $Q_{p,TV}$  ... celková potřeba tepla na přípravu teplé vody [kWh/měs],  
 $Q_{p,VYT}$  ... celková potřeba tepla na vytápění [kWh/měs],  
 $Q_{p,c}$  ... celková potřeba tepla při bilancování [kWh/měs],  
 $q_{ss,u}$  ... celkové měrné množství skutečně využitých zisků solární soustavy [kWh/rok],  
 $f$  ... solární podíl [-],  
 $Q_{ss,u}$  ... celkové množství skutečně využitých zisků solární soustavy [kWh/rok]. [55]



Současně s tabulkou je možné si zapnout i graf s bilancí energií pro dané měsíce viz Graf. 6.1:



Graf 6.1 Balance energií - grafické znázornění [55]

Při práci v tomto jednoduchém programu jsem narazil na pár nedostatků (rozdílů). Především se neshoduje hodnota  $Q_{p,TV}$ ,  $Q_{p,VYT}$  a tedy i celková potřeba tepla při bilancování  $Q_{p,c}$  v porovnání s vypočtenou hodnotou v kapitole č. 2., rozdíl je 0,5 MWh za rok. Program navýšil potřebu pro vytápění o 1,3 MWh za rok a potřebu tepla na ohřev vody snížil o 1,8 MWh za rok. Program však vychází z reálných hodnot spotřeb podle potvrzených měření na řadě instalací v ČR. Tedy námi vypočtené hodnoty podle normy ČSN 06 0320 nelze použít, protože tato norma počítá s návrhovými hodnotami, které jsou ze své podstaty pro bezpečné zajištění přípravy vody vyšší než průměrně dosahované (cca dvounásobně). [56]

Dále hodnoty  $t_{k,m}$  (střední denní teplota v kolektorech) a  $p$  (srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tepelných ztrát) by se měli automaticky měnit dle zadaných parametrů, avšak program to zatím nedokáže, protože se jedná o starší verzi. Podle nejaktuálnější revize: TNI 73 0302:2014 [57] je možné tyto hodnoty přesně spočítat podle vzorců (6.1) a (6.2) a následně podle Tab. 6.8 a Tab. 6.9 vybrat nejvhodnější teplotu.

$$t_{k,m} = 25 + 1100 \times \frac{A_k}{Q_{p,c}} \quad (6.1)$$

$$p = \frac{0,26}{A_k} + 100 \times \frac{A_k}{Q_{p,c}} \quad (6.2)$$

kde:

$A_k$  ... plocha kolektorů [ $m^2$ ]. [57]

Tab. 6.8 Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tepelných ztrát [58]

Typ solární soustavy	$p$
Bazén, ohřev bazénové vody	0.01
Příprava teplé vody, do 10 m <sup>2</sup>	0.20
Příprava teplé vody, od 10 do 50 m <sup>2</sup>	0.10
Příprava teplé vody, od 50 do 200 m <sup>2</sup>	0.05
Příprava teplé vody, nad 200 m <sup>2</sup>	0.03
Příprava teplé vody a vytápění, do 10 m <sup>2</sup>	0.30
Příprava teplé vody a vytápění, od 10 do 50 m <sup>2</sup>	0.20
Příprava teplé vody a vytápění, od 50 do 200 m <sup>2</sup>	0.10
Příprava teplé vody a vytápění, nad 200 m <sup>2</sup>	0.06

Tab. 6.9 Střední denní teplota v kolektorech [58]

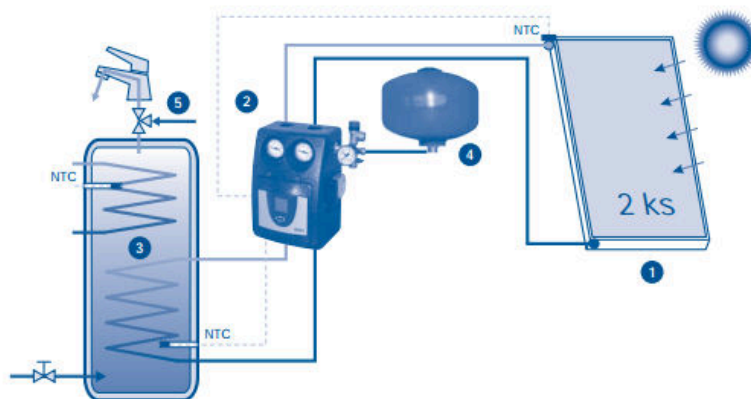
Typ aplikace	$t_{k,m}$ [°C]
Ohřev bazénové vody	30
Předehřev teplé vody, dimenzování do pokrytí cca 35 %	35
Příprava teplé vody, pokrytí do 70 %	40
Příprava teplé vody a vytápění	50

## 6.7.2 VARIANTA A – PLOCHÝ KOLEKTOR – POUZE OHŘEV VODY

SOLÁRNÍ SYSTÉMY / SOLÁRNÍ SESTAVY

**BAXI**

Solární sestava BAXI 300DC  
s deskovým kolektorem SB+



LEGENDA:

1. Solární kolektory SB20+V, SB25+V (2 ks v sestavě)
2. Čerpadlová skupina ECO / COMFORT (dle sestavy) včetně všech potřebných čidel pro řízení solárního systému
3. Bojler LIBVI 300 DC (dvojspirátový zásobník)
4. Expanzní nádoba pro solární systém 18 litrů
5. Termostatický směšovací ventil TUV (není součástí sestavy)

Obr. 6.19 Solární soustava BAXI 300 DC s deskovým kolektorem SB25 + V [59]

položka	objednávací kód	cena bez DPH	cena s DPH
- 2 × kolektor SB25+V - bojler UBVT 300 DC - čerpadlová skupina ECO	- expanzní solární nádoba 18 l - hydraulická propojovací sada - sada uchytení kolektoru	300DCS/SB25+V	LS615129/VS
		79.690,-	96.425,-

Obr. 6.20 Základní cena solární soustavy BAXI 300 DC  
s deskovým kolektorem SB25 + V [59]

K základní ceně solární soustavy BAXI 300 DC je zapotřebí z ceníku přidat ještě částku za:

- výstupní kříž s odvodušněním a vstupem pro čidlo kolektoru: 883 Kč,
- sada automatického odvodušnění pro výstupní kříž: 1 513 Kč,
- termostatický směšovací ventil TUV MT 52: 3 049 Kč,
- montáž tvoří přibližně 17 % z celkové ceny.

Solární systém o ploše 4,7 m<sup>2</sup> vychází na 101 870 Kč s DPH + 20 865 Kč vyjde montáž. Celkem tedy zaplatíme 122 735 Kč s DPH. Při požadavku více m<sup>2</sup> kolektoru se připlácí za každý další kolektor, ke kterému je zapotřebí upevňovací, připojovací sada a podobně.

Parametry solárních kolektorů jsou stejné jako uvedeny v Obr. 6.18. Měním pouze počet kolektorů, a tím se mění celková plocha apertury, střední teplota v kolektorech a srážka z tepelných zisků kolektorů. Pro 4-člennou rodinu se doporučuje cca 4 až 5 m<sup>2</sup>, tedy 2 ks kolektoru o ploše 2,35 m<sup>2</sup>. Provedl jsem však i výpočet pro více m<sup>2</sup>.

Tab. 6.10 Výpočet návratnosti při investici do plochého kolektoru  
při různých m<sup>2</sup> plochy pouze na ohřev vody.

TYP KOTLE / KOLEKTORU:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	PLOCHÝ KOLEKTOR SB 25 + V (účinnost 82,1 %) plocha 1 ks absorberu 2,35 m <sup>2</sup>			
Plocha 1 ks absorberu [m <sup>2</sup> ]:	0,00	2,35	2,35	2,35	2,35
Počet kolektorů [ks]:	0,00	2,00	3,00	4,00	6,00
Požadovaný počet m <sup>2</sup> :	0,00	4,70	7,05	9,40	14,10
Celková investice:	0 Kč	122 735 Kč	156 513 Kč	188 571 Kč	251 641 Kč
Úspora tepla (solární podíl) f:	0,00%	47,94%	61,54%	66,61%	70,27%
Skutečně využité zisky solární soustavy Q <sub>ss,u</sub> [kWh/rok]:	0	3004	3856	4174	4403
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	66 621 Kč	66 621 Kč	66 621 Kč	66 621 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA 1	9 768 Kč	5 085 Kč	3 757 Kč	3 261 Kč	2 904 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	11 056 Kč	11 200 Kč	11 254 Kč	11 292 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	2 291 Kč	2 426 Kč	2 554 Kč	2 807 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 491 Kč	1 626 Kč	1 754 Kč	2 007 Kč
Údržba komínů:	800 Kč	800 Kč	800 Kč	800 Kč	800 Kč
Roční náklady celkem	93 262 Kč	89 577 Kč	88 528 Kč	88 214 Kč	88 148 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	33,31	33,06	37,36	49,21

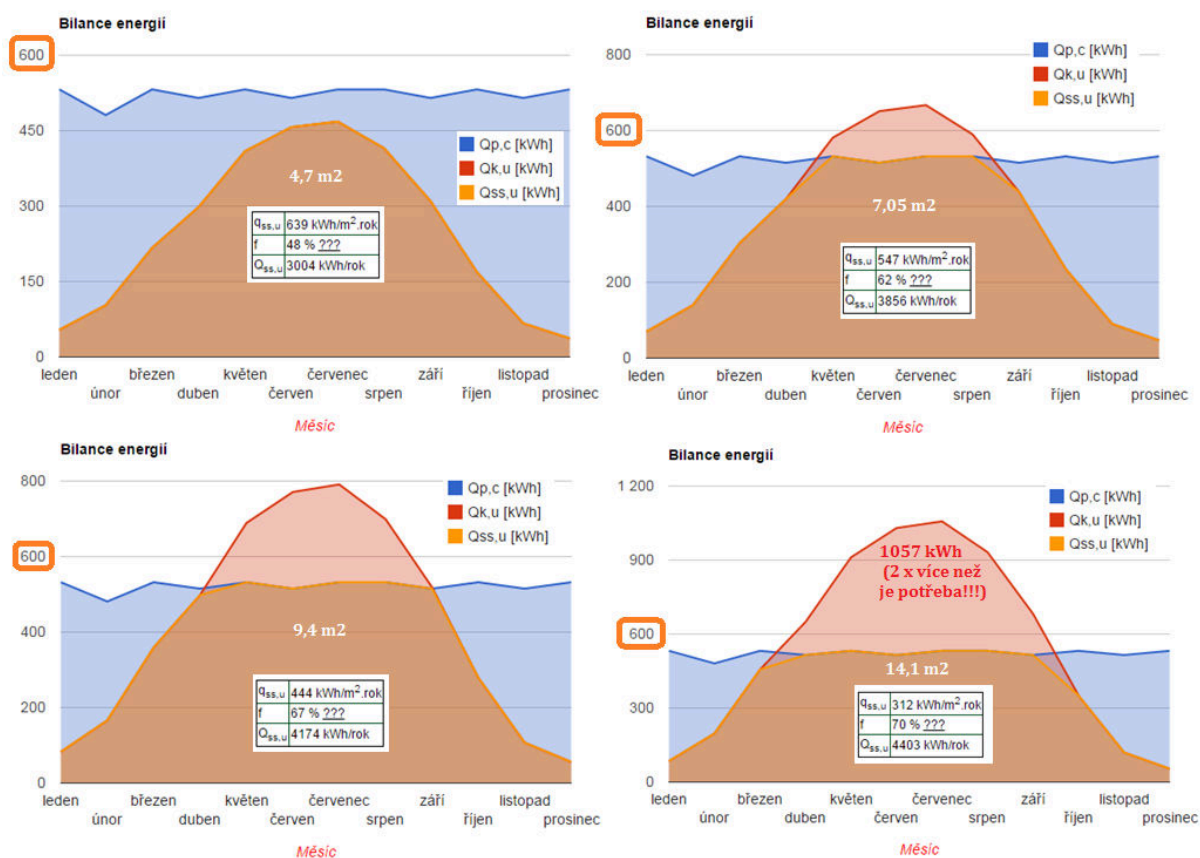
  

Střední denní teplota v solárních kolektorech t <sub>k,m</sub> : 35 °C
Střední denní teplota v solárních kolektorech t <sub>k,m</sub> : 40 °C
Střední denní teplota v solárních kolektorech t <sub>k,m</sub> : 50 °C

Z Tab. 6.10 je vidět, že při doporučeném pořízení 2 ks kolektorů o ploše  $2,35 \text{ m}^2$  a investici 122 735 Kč nám návratnost vychází 33,5 roku. Zisk je v tomto případě až 3000 kWh/rok a náklady na ohřev teplé vody se nám snížili o 4 683 Kč. Navýšili se nám však náklady na elektrickou energii o 500 Kč z důvodu vyšší spotřeby elektřiny daného solárního systému a o 500 Kč za servis solárního systému. Celkem se nám tedy snížili celkové náklady o 3685 Kč za rok. Z Obr. 6.21 jsou při této variantě ( $4,7 \text{ m}^2$ ) spotřebovány všechny zisky a nehrozí nám přehřátí systému.

Při volbě 3 ks kolektorů a celkové ploše cca  $7 \text{ m}^2$  nám návratnost vychází o něco lépe, cca 33 let. Skutečně využití solární zisky této soustavy jsou 3856 kWh/rok a náklady se nám snížili o přibližně 6000 Kč, co je o 1350 Kč více ušetřeno než při předchozím množství. Za elektřinu si připlatíme ještě o dalších 150 Kč a za servis 135 Kč, celkem tedy ročně platíme o 4 734 Kč, co je o víc než tisíc korun lepší než při variantě se dvěma kolektory. Vznikají nám však solární přebytky, které dosahují v létě hodnotu zhruba 60 kWh, což je ještě poměrně přijatelné a bezpečné.

Při investici do 4 a více kolektorů (s plochou celkem  $9 \text{ m}^2$  a více) nám vznikají velké přebytky a návratnost se pohybuje k 40 až 50 letem, protože celkové roční náklady se liší pouze o pár set korun v porovnání s variantou se dvěma nebo třemi kolektory. U varianty s plochou kolektorů  $14,1 \text{ m}^2$  jsou přebytky 2-krát větší než je potřeba, což je nevyhovující viz Obr. 6.21.



Obr. 6.21 Bilance energií při různých množstvích  $\text{m}^2$  kolektorů pro ohřev vody [59]

### 6.7.3 VARIANTA B – PLOCHÝ KOLEKTOR – OHŘEV VODY + PŘITÁPĚNÍ

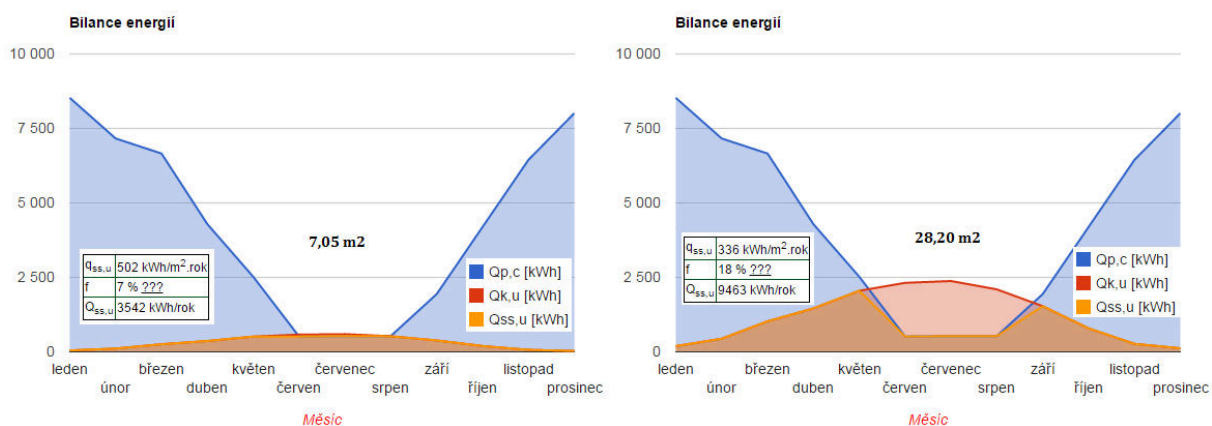
Pro ohřev vody + vytápění se doporučuje pro tento objekt celková plocha kolektorů 29 m<sup>2</sup>. Při této ploše dosahují přebytky získané solární soustavou v létě až 2378 kWh/měsíc, potřeba je pouze 532 kWh/měsíc a investice se blíží k půl milionu Kč s návratností 43 let. Tato varianta není příliš vhodná, ale roční náklady by se snížili o 10 645 Kč za rok. Takže v případě, že nemáme vlastní bazén, který by se dal v létě vytápět, vychází VARIANTA A vhodněji.

Tab. 6.11 Výpočet návratnosti při investici do plochého kolektoru při různých m<sup>2</sup> plochy na ohřev i přitápění.

TYP KOTLE / KOLEKTORU:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	PLOCHÝ KOLEKTOR SB 25 + V (účinnost 82,1 %) plocha 1 ks absorberu 2,35 m <sup>2</sup>		
Plocha 1 ks absorberu [m <sup>2</sup> ]:	0,00	2,35	2,35	2,35
Počet kolektorů [ks]:	0,00	3,00	6,00	12,00
Požadovaný počet m <sup>2</sup> :	0,00	7,05	14,10	28,20
Celková investice:	0 Kč	156 513 Kč	251 641 Kč	460 794 Kč
Úspora tepla (solární podíl) f:	0,00%	6,90%	10,76%	18,44%
Skutečně využité zisky solární soustavy Q <sub>ss,u</sub> [kWh/rok]:	0	3542	5521	9463
Náklady na VYTÁPĚNÍ + TV:	76 389 Kč	71 117 Kč	68 171 Kč	62 303 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	11 147 Kč	11 481 Kč	12 146 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	2 426 Kč	2 807 Kč	3 643 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 626 Kč	2 007 Kč	2 843 Kč
Údržba komínu:	800 Kč	800 Kč	800 Kč	800 Kč
Roční náklady celkem	93 262 Kč	89 214 Kč	86 982 Kč	82 617 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	38,66	40,07	43,29

**Střední denní teplota v solárních kolektorech t<sub>k,m</sub>: 50 °C**

**Střední denní teplota v solárních kolektorech t<sub>k,m</sub>: 60 °C**

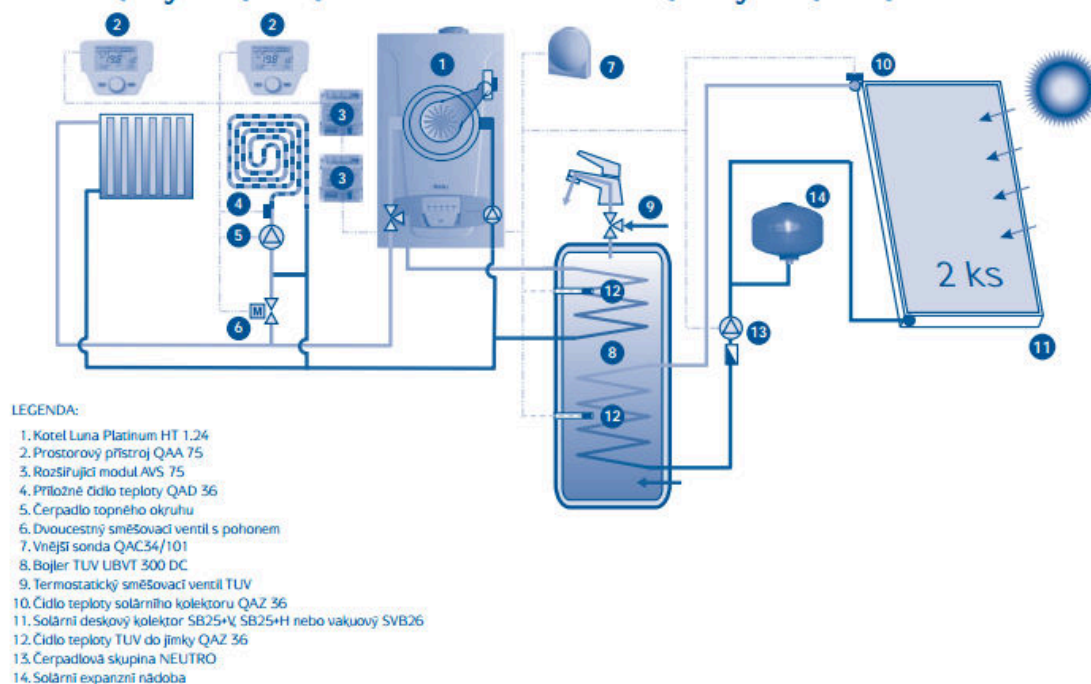


Obr. 6.22 Bilance energií při různých množstvích m<sup>2</sup> kolektorů pro ohřev vody i přitápění [59]



## 6.7.4 VARIANTA C – VAKUOVÝ KOLEKTOR – POUZE OHŘEV VODY

SOLÁRNÍ SYSTÉMY / SOLÁRNÍ SESTAVY

**BAXI**Solární sestava LUNA PLATINUM HT  
s deskovým kolektorem SB+ nebo vakuovým kolektorem SVB26

Obr. 6.23 Solární soustava LUNA PLATINUM HT s vakuovým kolektorem SVB 26 [59]

položka	objednací kód	cena bez DPH	cena s DPH
– kotel – 2 x kolektor SVB 26 – zásobník UBVT 300DC – přípojovací sada	LUNA PLATINUM HT 1.24 300DCS/SVB 26	152.090,-	184.029,-

Obr. 6.24 Základní cena solární soustavy LUNA PLATINUM HT [59]

Tento systém obsahuje i kondenzační kotel Luna Platinum HT. V ceně kotle je regulátor BAXI QAA v hodnotě 75 910 Kč. Tuto částku je potřeba tedy odečíst a přičíst položky jako v předchozím případě za odvzdušňovací aparaturu a termostatický směšovací ventil + montáž.

Solární systém o ploše 4,72 m<sup>2</sup> vychází na 113 564 Kč s DPH + 23 260 Kč vyjde montáž. Celkem zaplatíme 136 824 Kč s DPH, tedy vakuový kolektor v porovnání s plochým deskovým je o 14 tisíc Kč dražší.

Vakuový trubkový kolektor pro vertikální instalaci					
SVB 26		1560 × 1647 × 107 mm	2,36 m <sup>2</sup>	Vakuová trubice typu Sydney z borosilikátového skla s vnitřní selektivní vrstvou, hliníkový rám kolektoru, hliníkový absorber	LSC615270100
vertikální vakuový kolektor	2,57	optická účinnost kolektoru	60,5		31.390,-
		součinitel a <sub>1</sub>	0,850		37.982,-
		součinitel a <sub>2</sub>	0,010		
		hmotnost	42 kg		

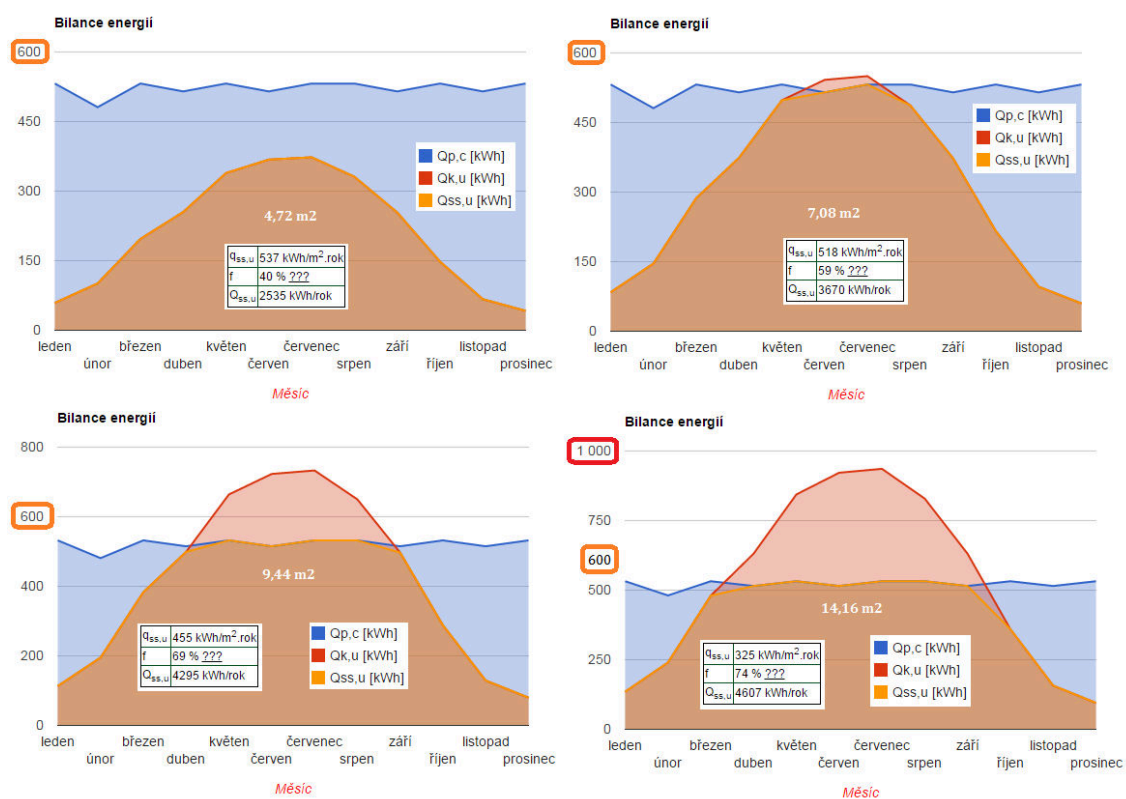
Obr. 6.25 Cena za vertikální vakuový kolektor SVB 26 + parametry [59]

Tab. 6.12 Výpočet návratnosti při investici do SVB 26 při různých  $m^2$  plochy (ohřev vody)

TYP KOTLE / KOLEKTORU:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	VAKUOVÝ TRUBICOVÝ KOLEKTOR SVB 26 (účinnost 60,5 %) plocha 1 ks absorberu 2,36 m <sup>2</sup>			
Plocha 1 ks absorberu [m <sup>2</sup> ]:	0,00	2,36	2,36	2,36	2,36
Počet kolektorů [ks]:	0,00	2,00	3,00	4,00	6,00
Požadovaný počet m <sup>2</sup> :	0,00	4,72	7,08	9,44	14,16
Celková investice:	0 Kč	136 824 Kč	188 169 Kč	239 061 Kč	342 917 Kč
Úspora tepla (solární podíl) f:	0,00%	40,46%	58,57%	64,67%	73,68%
Skutečně využitý zisky solární soustavy Q <sub>ss,u</sub> [kWh/rok]:	0	2535	3670	4052	4617
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	66 621 Kč	66 621 Kč	66 621 Kč	66 621 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	5 816 Kč	4 047 Kč	3 451 Kč	2 571 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	10 977 Kč	11 168 Kč	11 233 Kč	11 328 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	2 347 Kč	2 553 Kč	2 756 Kč	3 172 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 547 Kč	1 753 Kč	1 956 Kč	2 372 Kč
Údržba komínu:	800 Kč	800 Kč	800 Kč	800 Kč	800 Kč
Roční náklady celkem	93 262 Kč	90 285 Kč	88 913 Kč	88 586 Kč	88 216 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	45,97	43,27	51,12	67,95

Střední denní teplota v solárních kolektorech t <sub>k,m</sub> : 35 °C
Střední denní teplota v solárních kolektorech t <sub>k,m</sub> : 40 °C
Střední denní teplota v solárních kolektorech t <sub>k,m</sub> : 50 °C

Obr. 6.26 Bilance energií při různých množstvích  $m^2$  kolektorů pro ohřev vody [59]

Z Tab. 6.12 je vidět, že při doporučeném pořízení 2 ks kolektorů o ploše 4,72 m<sup>2</sup> a investici 136 824 Kč nám návratnost vychází až 46 let. Zisk je v tomto případě přibližně 2500 kWh/rok a náklady na ohřev teplé vody se nám snížil o 4 000 Kč. Celkem se nám snížili celkové náklady o 3000 Kč za rok. Při instalaci 3 ks kolektoru je návratnost nižší a to 43,27 roku. Z Obr. 6.26 jsou při variantě s plochou kolektorů 4,72 m<sup>2</sup> i 7,08 m<sup>2</sup> přebytky buď žádné, nebo minimální.



## 6.7.5 VARIANTA D – VAKUOVÝ KOLEKTOR – OHŘEV VODY + PŘITÁPĚNÍ

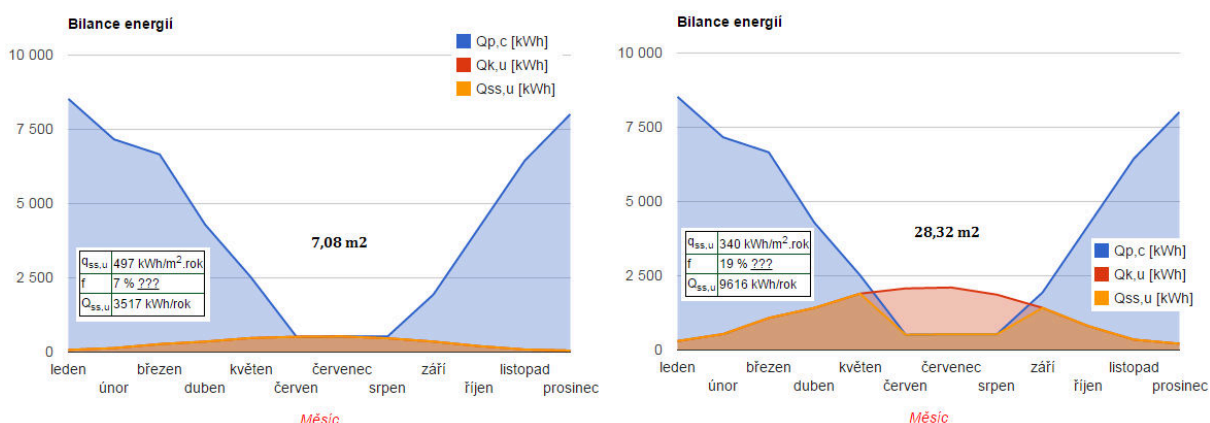
Pro ohřev vody + přitápění se doporučuje pro tento objekt celková plocha kolektorů 29 m<sup>2</sup>. Při této ploše se investice blíží k 650 tisíc Kč s návratností 64 let. Tato varianta není vůbec vhodná, ale roční náklady by se snížili o 10 tisíc Kč za rok. Takže v případě, že nemáme vlastní bazén, který by se dal v létě vytápět, vychází VARIANTA A nejvhodněji.

Tab. 6.13 Výpočet návratnosti při investici do vakuového trubicového kolektoru při různých m<sup>2</sup> plochy na ohřev i přitápění

TYP KOTLE / KOLEKTORU:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	VAKUOVÝ TRUBICOVÝ KOLEKTOR SVB 26 (účinnost 60,5 %) plocha 1 ks absorberu 2,36 m <sup>2</sup>		
Plocha 1 ks absorberu [m <sup>2</sup> ]:	0,00	2,36	2,36	2,36
Počet kolektorů [ks]:	0,00	3,00	6,00	12,00
Požadovaný počet m <sup>2</sup> :	0,00	7,08	14,16	28,32
Celková investice:	0 Kč	188 169 Kč	342 917 Kč	647 588 Kč
Úspora tepla (solární podíl) f:	0,00%	6,85%	10,91%	18,74%
Skutečně využitý zisk solární soustavy Q <sub>ss,u</sub> [kWh/rok]:	0	3517	5598	9616
Náklady na VYTÁPĚNÍ + TV:	76 389 Kč	71 154 Kč	68 056 Kč	62 075 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	11 143 Kč	11 494 Kč	12 172 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč	4 524 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	2 553 Kč	3 172 Kč	4 390 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 753 Kč	2 372 Kč	3 590 Kč
Údržba komínu:	800 Kč	800 Kč	800 Kč	800 Kč
Roční náklady celkem	93 262 Kč	89 373 Kč	87 246 Kč	83 162 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	48,39	57,00	64,12

Střední denní teplota v solárních kolektorech t<sub>k,m</sub>: 50 °C

Střední denní teplota v solárních kolektorech t<sub>k,m</sub>: 60 °C

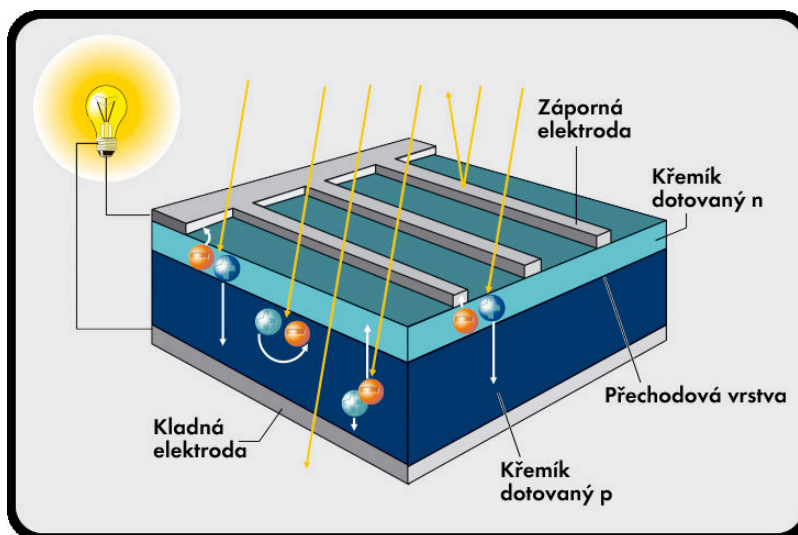


Obr. 6.27 Bilance energií při různých množstvích m<sup>2</sup> kolektorů pro ohřev vody a přitápění [59]

## 7 VLASTNÍ VÝROBA EL. ENERGIE Z FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ

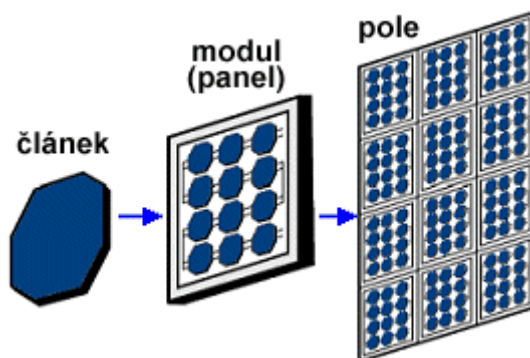
Solární kolektory uvedeny v předchozí kapitole slouží pro ohřev vody a přitápění. Fotovoltaické panely vypadají na první pohled podobně, ale pracují na jiném principu. Vyrábějí pomocí přeměny elektrickou energii ze Slunce (fotovoltaický jev). Jsou plošší než trubcové a jsou spíše stříbřitě modré. Skládají se ze čtverců, které mají obvykle zkosené rohy. Fotovoltaické panely se obvykle nazývají i solární panely. Někdy se název kombinuje na solární fotovoltaické panely.

Fotovoltaický článek je v podstatě polovodičová dioda. Skládá se z tenké křemíkové deštičky s vodivostí typu P, na kterou se při výrobě vytvoří tenká vrstva polovodiče typu N. Tyto polovodiče jsou od sebe odděleny P-N přechodem. Při slunečním záření na panel vznikne vnitřní fotoelektrický jev a začnou se uvolňovat záporné elektrony. Na P-N přechodu se vytvoří elektrické napětí. Po připojení například malého motorku se začnou kladné a záporné náboje vyrovnávat, co vede k procházení elektrického proudu. [60]



Obr. 7.1 Struktura a funkce fotovoltaického článku [61]

Pro větší napětí se články zapojují sériově nebo paralelně do fotovoltaických panelů. Takto zapojený panel již pak můžeme využít pro napájení domácích spotřebičů a osvětlení. Nebo také i k vytápění objektu.

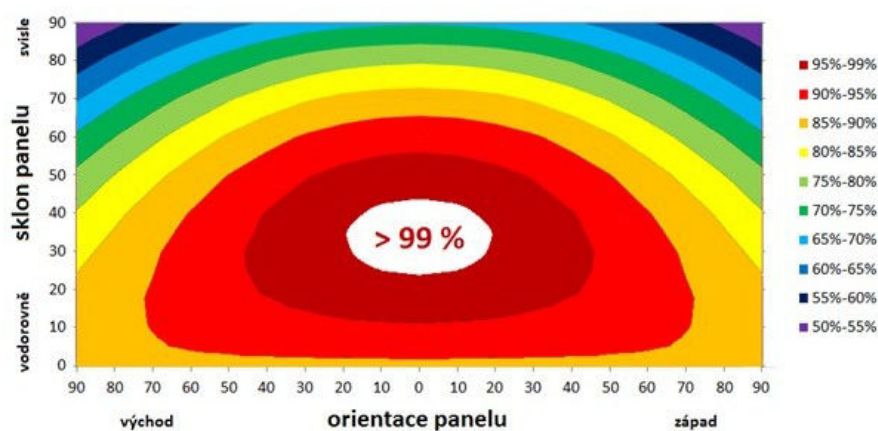


Obr. 7.2 Skládání článků do fotovoltaického panelu / pole [60]



Obr. 7.3 Příklad montáže FVE na střechu domu [64]

Důležitý je i sklon panelu. Panel orientovaný na jižní stranu se sklonem  $35^\circ$  má nejvyšší účinnost. Pro jiné sklony nebo mírnou změnu orientace na východní nebo západní stranu nehrozí rapidní snížení účinnosti. Montáž je nejlepší provést paralelně se sklonem střechy. Podle empirických dat je při vodorovném umístění snížení celoročního výnosu elektřiny přibližně 10 %. Při orientaci střechy od ideální jižní strany do  $\pm 45^\circ$ , dochází k poklesu celoroční energie pouze o 5 %.



Obr. 7.4 Výnos energie v závislosti na sklonu střechy a orientaci panelu [62]

Pro konkrétní návrh fotovoltaického systému by se dala napsat další samostatná práce. Já jsem použil jednoduchý simulační webový systém Evropské unie PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). Systém obsahuje zpracované statistické údaje o dopadu slunečního záření a dokáže s velkou přesností vypočítat produkci FVE dle zvolených parametrů a lokality. Program je v angličtině co by neměl být problém, protože je intuitivně napsán i pro méně jazykově zdatných. Pro lepší přehlednost a usnadnění popisování jednotlivých řádků jsem si nechal webový portál přeložit viz Obr. 7.5 Náhled pracovní obrazovky PVGIS pro výpočet produkce FVE.

**JRC** **CM SAF** Fotovoltaický geografický informační systém - Interaktivní mapy

EUROPA > ES > JRC > IE > RE > SOLAREC > PVGIS > Interaktivní mapy >

Evropa Kontakt Důležité právní upozornění

Novinka: PVGIS rozšířena Asii. Klikněte zde si můžete přečíst o tom.

mapa "Ispra, Italy" nebo "45.256N, 12.0589E" pozici kurzoru: 49.180, 16.707  
Zvolená poloha: 49.200, 16.609

Europe Africa Asia Bmo Vyhledáv

Latitude: Délka: Přejít na lat / lon

Mapa Satelitní

Chudčice Lelekovice BRNO-UTĚCHOV Babice Svitavou Kanice Ochoz u Brna  
Česká BRNO-ORŠÍN Bilovice nad Svitavou  
BRNO-IVANOVICE  
BRNO-JEHNICE  
BRNO-REČKOVICE A MOKRAJ HORA  
BRNO-KNÍNIČKY BRNO-MEDLANKY  
BRNO-BYSTRČ BRNO-KRÁLOVO POLE  
BRNO-ZEBETÍN BRNO-JUNDOV  
BRNO-KOHOUTOVICE  
BRNO-STARÝ LÍSKOVEC  
BRNO-ČERNOVICE  
BRNO-JIH  
BRNO-SLATINA  
BRNO-TUŘANY  
BRNO-CHARLICE  
BRNO-LIŠEN  
Podolí Tvarož  
Mokrá-Horákov  
Moravany  
Modřice  
Kobylínice  
Sokolnice  
Újezd u Brna  
Telnice  
Prácheň  
Silůvky  
Ořechov  
Želešice  
Střelice  
Troubsko  
Popůvky  
Omice

Data mapy © 2015 Podmínky použití Nahlásit chybu v mapě

Sluneční záření Teplota Další mapy

**PV Odhad** Měsíční záření Denní záření Samostatný PV

**Výkon Grid připojené PV**

Zařízení databáze: Klima-SAF PVGIS [Co je to?]  
PV technologie: Krystalický křemík

Instalovaný špičkový FV výkon 5.04 kWp

Odhadované ztráty systému [0; 100] 10 %

**Pevné možnosti montáže:**

Montážní poloha: Stavební integrované

Sklon [0; 90] 31 ° ☐ Optimalizace svahu  
Azimut [-180; 180] 0 ° ☐ Také optimalizovat azimut  
(Azimut od -180 do 180: východ = -90, South = 0)

**Sledování možnosti:**

☐ Svislá osa Sklon [0; 90] 0 ° ☐ Optimalizovat  
☐ Šikmá osa Sklon [0; 90] 0 ° ☐ Optimalizovat  
☐ Sledování 2-osy

Horizon soubor Vybrat soubor Soubor nevybrán

**Možnosti výstupu**

☒ Zobrazit grafy ☒ Show horizont  
☒ Webová stránka ☐ Textový soubor ☐ PDF

Vypočítat [Help]

Obr. 7.5 Náhled pracovní obrazovky PVGIS pro výpočet produkce FVE [63]

Výsledkem je kalkulace shrnující zadané hodnoty a především tabulka s průměrnou denní i měsíční produkcí elektřiny systému:  $E_d$  a  $E_m$  v kWh. Dále průměrný denní a měsíční úhrn globálního záření na metr čtvereční systému:  $H_d$  a  $H_m$  v kWh/m<sup>2</sup> (Tab. 7.1).

Tab. 7.1 Výslední hodnoty FVE z programu PVGIS [63]

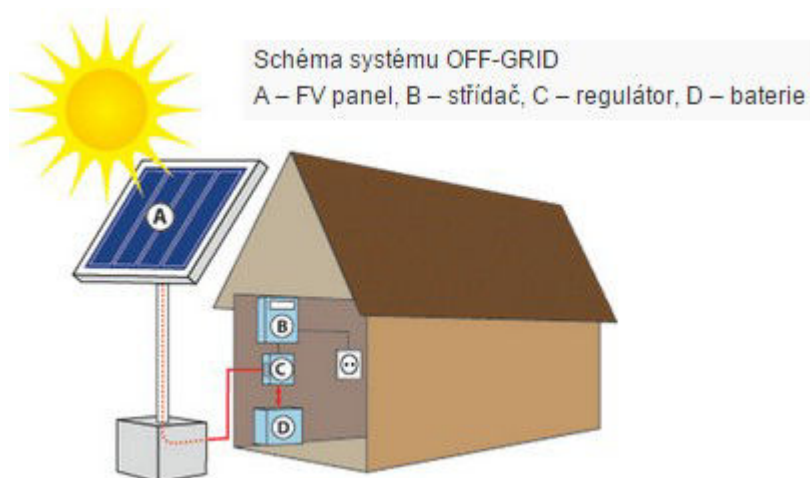
Pevný systém: sklon = 31 °, orientace = 0 °				
Měsíc	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Leden	5.03	156	1.17	36.2
Únor	8.87	248	2.11	59.0
Březen	15.10	468	3.74	116
Duben	20.00	599	5.21	156
Květen	19.80	613	5.31	164
Červen	20.10	603	5.46	164
Červenec	20.40	633	5.61	174
Srpen	19.20	596	5.23	162
Září	15.60	467	4.09	123
Říjen	10.70	331	2.68	83.2
Listopad	5.75	172	1.38	41.4
Prosinec	3.86	120	0.90	28.0
<b>Roční průměr</b>	<b>13.7</b>	<b>417</b>	<b>3.58</b>	<b>109</b>
<b>Celkem za rok</b>		<b>5010</b>		<b>1310</b>



## 7.1 OSTROVNÍ SYSTÉM (OFF-GRID)

Elektrinu ze Slunce můžeme využít dvěma způsoby. První způsob je ostrovní systém. Není potřeba energetická licence, postačí si pořídit solární systém a provozovat ho pro vlastní potřebu. Skládá se z fotovoltaických panelů, akumulátoru, regulátoru, propojovacích panelů a popřípadě měniče napětí. Návrh spočívá v množství napájených spotřebičů a množství hodin v zapnutém režimu. Napájet můžeme osvětlení, menší TV, rádio, zabezpečovací systém anebo přenosnou lednici. V případě většího ostrovního systému jde taky napájet výkonnější zařízení jako je rychlovarná konvice i míchačka. Využití je především tam, kde není k dispozici elektrina ze sítě (chata a podobně). [15]

V případě připojení do sítě se nejedná o ostrovní systém, ale o hybridní fotovoltaický systém.



Obr. 7.6 Schéma systému OFF-GRID [64]

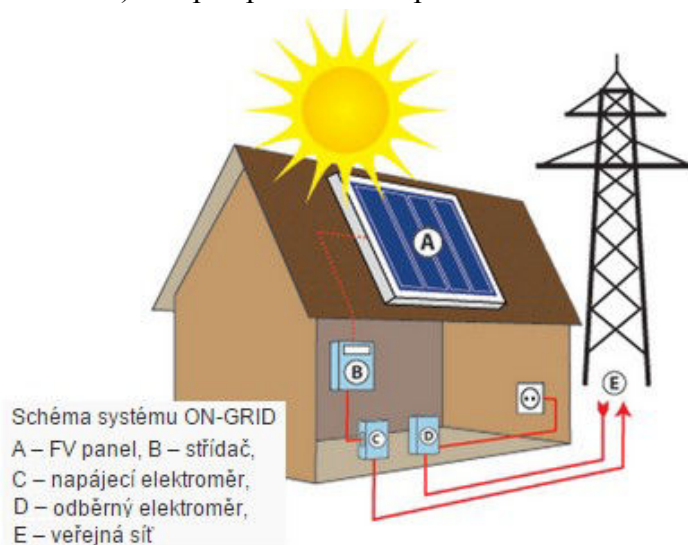
Cena běžné ostrovní elektrárny se pohybuje něco málo přes 20 tisíc Kč. Špičkový výkon je 245 Wp (wattpeak) s účinností nabíjení regulátoru až 98 %. Jedná se o modulární systém, lze ho tedy podle potřeby v budoucnu doplnit dalšími komponenty.



Obr. 7.7 Ostrovní elektrárna – MINI 245 Wp [65]

## 7.2 ELEKTRÁRNA PŘIPOJENA DO SÍTĚ (ON-GRID)

Tato varianta je složitější. Je nutné požádat o licenci, kterou uděluje ERÚ (Energetický Regulační Úřad). Až po splnění všech požadavků se může začít instalovat FVE.

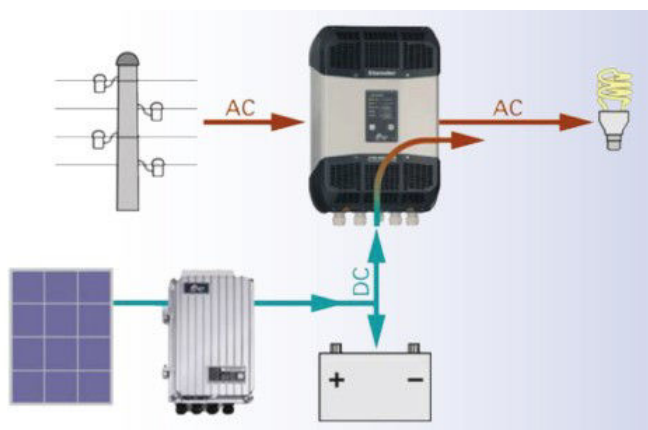


Obr. 7.8 Schéma systému ON-GRID [64]

FVE je připojena do energetické distribuční sítě a přebytky námi vyrobené elektřiny se posílají za dohodnutou cenu do této sítě. Nejvíce na tom vydělávají velké sluneční elektrárny.

Variantou pro systém zapojen do sítě bez nutnosti žádosti licence jsou hybridní fotovoltaické systémy. Tyto systémy vyrábí elektřinu pro svou spotřebu s možností ukládání v akumulátorech a zároveň máme zálohu elektřiny ze systému v případě větší potřeby. Hybridní soustava tak zvyšuje samostatnost a nezávislost od dodavatele energie a dá se ušetřit hodně výdajů za elektřinu. Je to však nákladnější na investici (akumulátor).

Hybridní fotovoltaické elektrárny (HFVE) dokážou využít až 100 % vyrobené elektřiny z fotovoltaických panelů. HFVE se dají kombinovat i s ohřevem TUV a topné vody pomocí zásobníku s topnými spirálami nebo tepelným čerpadlem. [65]



Obr. 7.9 Hybridní fotovoltaický systém – schéma [65]

### 7.3 VARIANTA A - HFVE 1,5 kWp / 1,2 kW / 24 V

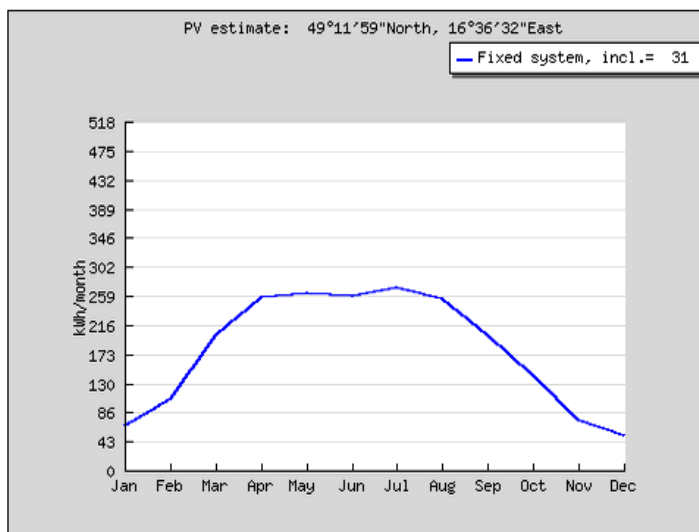
Hybridní fotovoltaická elektrárna na klíč o celkovém výkonu 1,5 kWp obsahuje polykrystalické solární panely Axitec 250Wp, solární regulátor nabíjení VT 65 a 1 hybridní měnič napětí Studer Innotec XTS 1200-24. Součástí systému jsou také trakční kyselinové akumulátory, které jsou vhodné pro hluboké vybíjení a hliníkovou konstrukci pro uchycení solárních panelů na střechu budovy.

Hybridní fotovoltaický systém umí fungovat současně s distribuční soustavou. Ale díky tomu, že je od distribuční soustavy galvanicky oddělený, nemusí do sítě žádnou energii dodávat. Díky této funkci hybridních měničů Studer Innotec pak není třeba žádné povolení od distribuční společnosti.

Celková cena s DPH je 218 292 Kč. Plocha FV pole je 10,2 m<sup>2</sup> a záruka na panely je ve výši 30 let. [66]

Naše spotřeba elektrické energie za rok je 2 500 kWh (11 758 Kč). Dá se říct, že je to cca 210 kWh měsíčně. Při této variantě je průměrná produkce elektrické energie 179 kWh/měs. Od března do září nám pokryje téměř celou naši spotřebu elektrické energie.

Pevný systém: sklon = 31 °, orientace = 0 °				
Měsíc	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Leden	2.16	66.8	1.17	36.2
Únor	3.80	106	2.11	59.0
Březen	6.46	200	3.74	116
Duben	8.56	257	5.21	156
Květen	8.47	263	5.31	164
Červen	8.61	258	5.46	164
Červenec	8.76	271	5.61	174
Srpen	8.24	255	5.23	162
Září	6.67	200	4.09	123
Říjen	4.58	142	2.68	83.2
Listopad	2.46	73.9	1.38	41.4
Prosinec	1.66	51.3	0.90	28.0
<b>Roční průměr</b>	<b>5.88</b>	<b>179</b>	<b>3.58</b>	<b>109</b>
<b>Celkem za rok</b>		<b>2150</b>		<b>1310</b>



Obr. 7.10 Produkce elektrické energie za rok pomocí HFVE 1,5 kWp

Celkem za rok tedy vyprodukujeme až 2 150 kWh, avšak vznikají nám i přebytky. Po odečtení přebytků nám celková roční produkce vychází přibližně 1890 kWh, co je pokrytí spotřeby až 75,6 %. Tato hodnota při aktuální ceně od E.ON-u 4,223 Kč/kWh tvoří částku téměř 8 tisíc Kč za rok. Měsíční poplatky je však potřeba nadále platit. Tato investice se nám vrátí až za 27,5 roku. To je kratší doba než-li životnost, ale do výpočtu nebyla započtena částka na servis.

Prodávají se ovšem i varianty s větším špičkovým výkonem např. 2,16 kWp, avšak tady by přebytky byli ještě větší a návratnost taky.

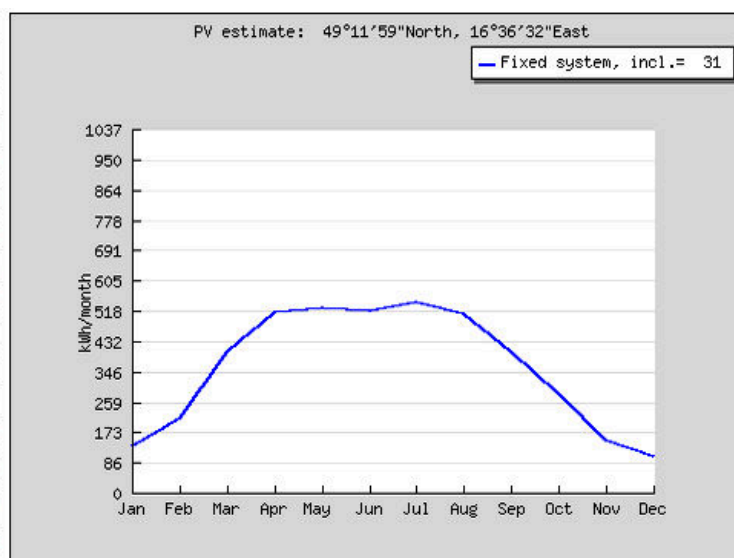


## 7.4 VARIANTA B - FVE 4,32 kWp / 48 V

Fotovoltaická elektrárna se solárními fotovoltaickými panely o výkonu solárních panelů 4,32 kWp na klíč. Síťovou fotovoltaickou elektrárnu lze legálně instalovat pouze pokud máte povolení distributora o připojení zařízení do distribuční soustavy (DS). FVE obsahuje 18 ks fotovoltaických panelů 240 Wp a všechny ostatní potřebné instalační a montážní komponenty.

Celková cena s DPH je 210 157 Kč. Plocha FV pole je 30,6 m<sup>2</sup> a záruka na panely je ve výši 30 let. [67]

Pevný systém: sklon = 31 °, orientace = 0 °				
Měsíc	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Leden	4.31	134	1.17	36.2
Únor	7.60	213	2.11	59.0
Březen	12.90	401	3.74	116
Duben	17.10	514	5.21	156
Květen	16.90	523	5.31	164
Červen	17.20	517	5.46	164
Červenec	17.50	543	5.61	174
Srpen	16.50	511	5.23	162
Září	13.30	400	4.09	123
Říjen	9.15	284	2.68	83.2
Listopad	4.93	148	1.38	41.4
Prosinec	3.31	103	0.90	28.0
<b>Roční průměr</b>	<b>11.8</b>	<b>358</b>	<b>3.58</b>	<b>109</b>
<b>Celkem za rok</b>		<b>4290</b>		<b>1310</b>



Obr. 7.11 Produkce elektrické energie za rok pomocí FVE 4,32 kWp

Celkem za rok tedy vyprodukujeme až 4290 kWh, avšak vznikají nám i přebytky, které nelze již podle aktuální legislativy prodat. Po odečtení přebytků nám celková roční produkce vychází přibližně 2275 kWh, co je pokrytí spotřeby až 91 %. Tato hodnota při aktuální ceně od E.ON-u 4,223 Kč/kWh tvoří částku 9 600 Kč za rok. Měsíční poplatky je však potřeba nadále platit i v případě, když pouze 3 měsíce jsme od dodavatele závislí na dodávce elektřiny.

Tato investice se nám vrátí již za 22 let při nepočítání prodeje přebytečné energie. V případě povolení prodeje přebytečné elektrické energie (2015 kWh) do veřejné sítě při částce 0,5 Kč/kWh bychom měli dalších tisíc Kč k dobru. Celkem by jsme tedy ušetřili až 10 600 Kč ročně a návratnost by se nám snížila na necelých 20 let.

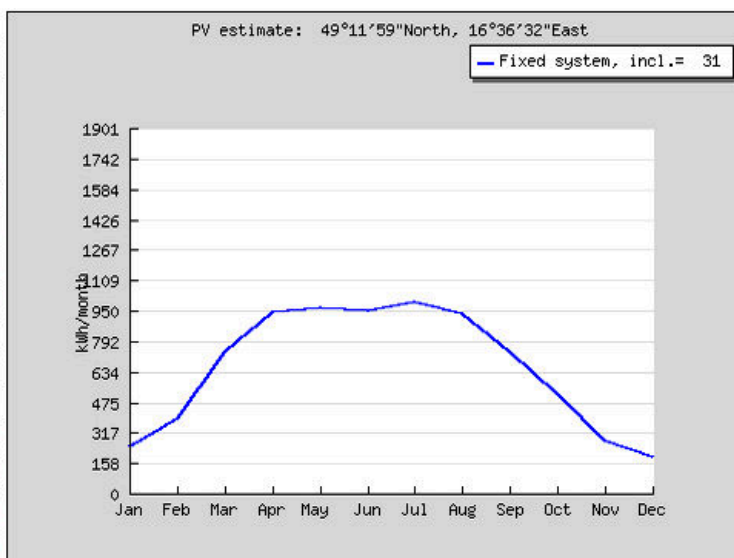
Varianta B je v porovnání s předchozí variantou lepší, avšak mohou ji využít obvykle pouze lidé, kteří v domě podnikají. Dále se jedná o bytové družstva nebo skupiny majitelů rodinných domů, které založí občanské sdružení.

## 7.5 VARIANTA C - FVE 7,92 kWp / 48 V

Fotovoltaická elektrárna se solárními fotovoltaickými panely o výkonu solárních panelů 7,92 kWp na klíč. Síťovou fotovoltaickou elektrárnu (FVE) lze legálně instalovat pouze pokud máte povolení distributora o připojení zařízení do distribuční soustavy (DS). Fotovoltaická elektrárna obsahuje až 33 fotovoltaických panelů 240Wp a všechny ostatní potřebné instalační a montážní komponenty.

Celková cena s DPH je 362 986 Kč. Plocha FV pole je 56,1 m<sup>2</sup> a záruka na panely je ve výši 30 let. [68]

Pevný systém: sklon = 31 °, orientace = 0 °				
Měsíc	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Leden	7.90	245	1.17	36.2
Únor	13.90	390	2.11	59.0
Březen	23.70	735	3.74	116
Duben	31.40	942	5.21	156
Květen	31.10	963	5.31	164
Červen	31.60	948	5.46	164
Červenec	32.10	995	5.61	174
Srpen	30.20	936	5.23	162
Září	24.50	734	4.09	123
Říjen	16.80	520	2.68	83.2
Listopad	9.03	271	1.38	41.4
Prosinec	6.07	188	0.90	28.0
<b>Roční průměr</b>	<b>21.6</b>	<b>656</b>	<b>3.58</b>	<b>109</b>
<b>Celkem za rok</b>		<b>7870</b>		<b>1310</b>



Obr. 7.12 Produkce elektrické energie za rok pomocí FVE 7,92 kWp

Celkem za rok tedy vyprodukujeme až 7870 kWh, avšak vznikají nám i přebytky, které již nelze za dohodnutou cenu podle licence prodat. Po odečtení přebytků nám celková roční produkce vychází přibližně 2480 kWh, co je pokrytí spotřeby až 99,2 %. Tato hodnota při aktuální ceně od E.ON-u 4,223 Kč/kWh tvoří částku téměř 10 475 Kč za rok. Měsíční poplatky celkem ve výši 100 Kč/měsíc je však potřeba platit i když pouze 1 měsíc jsme závislí od dodavatele a to o 20 kWh.

Tato investice se nám vrátí již za 34,65 let při nepočítání prodeje přebytečné energie. V případě možného prodeje přebytečné elektrické energie (5390 kWh) do veřejné sítě při částce 0,5 Kč/kWh bychom měli dalších 2 700 Kč za rok zpět. Celkem tedy by jsme ušetřili až 13 175 Kč ročně a návratnost by se nám snížila na necelých 27,55 let.

Varianta C je v porovnání s předchozí variantou horší, ale dokázali by jsme pokryt téměř celou spotřebu elektrické energie.

## 8 DOTACE – NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM 2015

Jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách, v případě žádosti o dotaci je možné při splnění všech požadavků získat zpět až 50 % všech nákladů. Na co vše je možné o dotaci žádat, se nachází v této kapitole.

Nová zelená úsporám pro rok 2015 se týká jak rodinných domů po celém Česku, tak nově i bytových domů v Praze. Pro dotace bylo vyhrazeno 1,1 miliardy korun, z toho pro rodinné domy 600 milionů Kč. [37]



Obr. 8.1 Nová zelená úsporám + Státní fond životního prostředí ČR [37]

Novinkou je nižší podmínka pro získání dotace, která je již při 20% snížení měrné spotřeby na vytápění, která se dá získat celkem snadno, již částečným zateplením.

Dále je zaveden takzvaný paušál na metr čtvereční. Výše dotace se tak určuje při daném procentuálním snížení za metr čtvereční realizovaného opatření. Částka se liší pro okna, fasádu a podobně.

Pro vyšší zájem o dotace se upravil systém vyplácení a schvalování žádostí. Zkrátí se administrativní lhůty. Každá z částí musí trvat maximálně 3 týdny, v případě správně vyplněné žádosti.

Pro rychlý výpočet slouží kalkulačka Nová zelená úsporám, která se nachází přímo na hlavní stránce dotačního programu.

Hlavním cílem programu je zlepšit stav životního prostředí snížením produkce emisí a skleníkových plynů jako je CO<sub>2</sub>. Dále se snaží o snížení spotřeby energie, a tím zlepšit kvalitu bydlení, zlepšit i po vizuální stránce výzor města a posílit ekonomiku ČR.

Žádost se poskytuje jak na zateplení obvodových plášťů a výplní otvorů (oblast podpory A), ale taky i pro výstavbu nízkoenergetických a pasivních budov (oblast podpory B) a dále pro výměnu stávajícího neekologického zdroje vytápění za ekologický (oblast podpory C).

V našem případě se nás týká pouze oblast podpory A. Oblast C se nás netýká, protože nevytápíme uhlím, koksem nebo briketami, ale plynem. Obě podpory jsou blíže popsány níže. [37]

## 8.1 OBLAST PODPORY A

Podpora A se týká snižování energetické náročnosti stávajících RD, konkrétně:

- dotace na zateplení obálky budovy - výměnou oken a dveří, zateplením obvodových stěn, střechy, stropu, podlahy,
- podporována jsou dílčí i komplexní opatření.

Oblast podpory A se dělí na 5 podoblastí: **A.0**, **A.1**, **A.2** a **A.3** (závisí na požadovaných parametrech podle Tab. 8.1) + **A.4** (podpora na zpracování odborného posudku a zajištění odborného technického dozoru v maximální výši 25 tisíc Kč nebo max. 15 % z přiznané částky podpory A.0 až A.3). [69]

Tab. 8.1 Požadavky na parametry: Oblast A [69]

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	A.0	A.1	A.2	A.3
Měrná roční potřeba tepla na vytápění po realizaci	$E_A$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]		≤ 90	≤ 55	≤ 35
nebo		bez požadavku		nebo	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	$U_{em}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]		≤ 0,95 $U_{em,R}$	≤ 0,85 $U_{em,R}$	≤ 0,75 $U_{em,R}$
Měně stavební prvky obálky budovy	$U$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$U \leq 0,9 \cdot U_{rec,20}$	dle požadavku ČSN 73 0540-2 a vyhl. č. 78/2013 Sb.		
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění $E_A$ oproti stavu před realizací opatření	[%]	≥ 20 %	≥ 40 %	≥ 50 %	≥ 60 %

Maximální výše podpory na jednotlivé typy konstrukcí je opět uvedena v tabulce (Tab. 8.2). Celková výše podpory na jednu žádost je omezena na max. 50 % řádně doložených způsobilých výdajů.

Tab. 8.2 Maximální výše podpory na jednotlivé typy konstrukcí: Oblast A [69]

Typ konstrukce	A.0 a A.1 (Kč/m <sup>2</sup> )	A.2 (Kč/m <sup>2</sup> )	A.3 (Kč/m <sup>2</sup> )
Obvodová stěna	500	600	800
Střecha	500	600	800
Výplně otvorů	2 100	2 750	3 800
Podlaha na terénu	700	900	1 200
Ostatní konstrukce, stropy	330	400	550

## 8.2 OBLAST PODPORY C

Podpora C se týká efektivního využití zdrojů energie, konkrétně:

- dotace na výměnu neekologického zdroje tepla (spalující například uhlí, koks, uhelné brikety nebo mazut) za efektivní, ekologicky šetrné zdroje (například *kotel na biomasu, tepelné čerpadlo nebo plynový kondenzační kotel*),
- na výměnu elektrického vytápění za systémy s *tepelným čerpadlem*,
- na instalaci *solárních termických systémů*,
- na instalaci systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu.

Oblast podpory C se dělí na 5 podoblastí: **C.1, C.2, C.3 a C.4 + C.5** (podpora na zpracování odborného posudku a zajištění měření průvzdušnosti obálky budovy v maximální výši 5 tisíc Kč, max. 15 % z částky podpory z podoblasti C.1 až C.4). Na opatření z podoblasti C.1 je možné si požádat výhradně s opatřením z oblasti A. Na opatření z podoblasti C.2 je možné žádat pouze na rodinné domy, jejichž měrná roční potřeba tepla na vytápění  $E_A$  nepřesahuje  $150 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Výše dotace závisí podle typu zdroje viz Tab. 8.3. [70]

Tab. 8.3 Výše podpory dle typu zdroje: Oblast C.1 a C.2 [70]

Podoblast podpory			Výše podpory [Kč]	
			C.1 (spolu se zateplením)	C.2 (bez zateplení)
C.1.1	C.2.1	Kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva	50 000	40 000
C.1.2	C.2.2	Kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	100 000	80 000
C.1.3	C.2.3	Krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem s ruční dodávkou paliva a uzavřené krbové vložky s teplovodním výměníkem	50 000	40 000
C.1.4	C.2.4	Krbová kamna nebo vložka na biomasu s teplovodním výměníkem se samočinnou dodávkou paliva	50 000	40 000
C.1.5	C.2.5	Tepelné čerpadlo voda - voda	100 000	80 000
C.1.6	C.2.6	Tepelné čerpadlo země - voda	100 000	80 000
C.1.7	C.2.7	Tepelné čerpadlo vzduch - voda	75 000	60 000
C.1.8	C.2.8	Plynový kondenzační kotel	18 000	15 000

Na podoblast C.3 (instalace solárních termických systémů) jsou podporovány instalace solárních termických systémů do dokončených rodinných domů a do novostaveb rodinných domů (včetně rozestavěných). Podporovány jsou pouze solární termické systémy s kolektory splňujícími minimální hodnotu účinnosti  $\eta_{sk}$  dle vyhlášky č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie. [70]

Tab. 8.4 Výše podpory dle typu systému: Oblast C.3 [70]

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč]
C.3.1	Solární systém na přípravu teplé vody	35 000
C.3.2	Solární systém na přípravu teplé vody a vytápění	50 000

Tab. 8.5 Požadavky na podporu systému: Oblast C.3 [70]

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C.3.1	C.3.2
Vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy	$Q_{ss,u}$ [kWh.rok <sup>-1</sup> ]	Bez požadavku	≥ 2200
Vypočtený měrný využitelný zisk solární soustavy	$q_{ss,u}$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	≥ 350	≥ 280
Dosažení minimálního pokrytí potřeby teplé vody	[%]	≥ 50	Bez požadavku
Instalace akumulačního zásobníku tepla o měrném objemu vztaheném k celkové ploše apertury	[l.m <sup>-2</sup> ]	≥ 45	≥ 45

Pro podoblast C.4 (instalace systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla) se podává pouze s oblastí podpory A a musí dosahovat účinnost zpětného zisku tepla 75 %.

Tab. 8.6 Výše podpory dle typu systému: Oblast C.4 [70]

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč]
C.4.1	Centrální systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	100 000
C.4.2	Decentrální systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	75 000



## 9 EKONOMICKÝ NÁVRH NEJLEPŠÍ VARIANTY PRO SNÍŽENÍ NÁKLADŮ ZA ENERGIE PRO ZADANÝ RD

V předchozích kapitolách byl proveden výpočet pro různé typy snížení nákladů za energie. V případě investování do všech spočtených opatření by byla investice obrovská a málokdo si to může dovolit. Níže jsou provedeny a popsány výpočty nejvhodnějších variant s rozpočtem  $\pm 350\,000$  Kč. Pro výpočet nákladů za vytápění byl použit program dle [10] se zahrnutými zisky. Pro celkový výpočet nákladů za energie byl použit program dle [11].

### 9.1 VARIANTA A (KOTEL NA HU + VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ + ZATEPLENÍ)

Varianta A obsahuje výměnu plynového kotle za automatický kotel na hnědé uhlí v hodnotě 146 000 Kč. Tento kotel není příliš ekologický v porovnání s biomasou nebo tepelným čerpadlem, ale dle předchozího výpočtu se vyplatí, i když se na něj neposkytuje dotace. Dále bylo provedeno částečné zateplení + výměna oken a vstupních dveří v hodnotě 204 000 Kč. Pro výměnu oken byla zvolena varianta E (dvojsklo na jižní a západní straně a trojsklo na severní straně) v hodnotě 65 021 Kč. Na zateplení a dveře nám zůstává cca 139 000 Kč.

V případě investice do dveří varianty A v hodnotě 20 314 Kč, nám na zateplení zůstává částka 118 665 Kč. Za tuto částku se dá provést zateplení šedým polystyrenem Isover EPS GreyWall o tloušťce 100 mm v hodnotě 116 981 Kč. Lepší variantou v tomto případě je investovat do stejného typu zateplení ale o tloušťce 150 mm v hodnotě 126 472 Kč, protože následné přidání na již zateplenou fasádu nepřipadá do úvahy. Takže když už zateplovat, tak pořádně. Celková investice vychází o 7 800 Kč více než máme k dispozici. Celkem nás tato varianta vyjde na 357 800 Kč (1. krok).

Tab. 9.1 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA A (1. krok)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA A (1. krok)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	12659 W	- 8115 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	60,9 %	- 39,1 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1094 kWh/TO	- 241 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	24,345 MWh	- 40,85 %
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	40 960 Kč	- 25 201 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	211 807 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	8,4 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 38,09 %	
VÝŠE DOTACE:	0 Kč	82 235 Kč	
INVESTICE S DOTACÍ N*:	0 Kč	129 572 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	5,1 let	



Při investici 211 807 Kč do zateplení fasády o tloušťce 150 mm a výměny oken a dveří se nám náklady na vytápění snížili o 38,09 %, tedy máme nárok na dotaci ve výši 82 235 Kč (A.0) a návratnost se nám sníží na přibližně 5 let. Tuto částku můžeme pak použít nejlépe pro zateplení stropu (2. krok) viz Tab. 9.3. a následně Tab. 9.4.

Tab. 9.2 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / KOTEL NA HU (1. krok)

TYP KOTLE:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	AUTOMATICKÝ KOTEL NA HNĚDÉ UHLÍ (účinnost 86 %)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	40 432 Kč	15 678 Kč	-24 754 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	4 225 Kč	-5 543 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	10 549 Kč	0 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	1 200 Kč	-3 324 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 800 Kč	0 Kč
Prohlídka komínu:	800 Kč	800 Kč	0 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 000 Kč	0 Kč
Zdroj tepla:	0 Kč	56 000 Kč	životnost 15 let
Sklad paliva:	0 Kč	90 000 Kč	životnost 30 let
Roční náklady celkem:	67 073 Kč	33 452 Kč	-33 621 Kč
INVESTICE do KOTLE:	0 Kč	146 000 Kč	146 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	4,34	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00 %	-61,22 %	

Výsledkem výměny kotle je Tab. 9.2, kde je vidět, že následnou změnou kotle ušetříme až 61,22 % na vytápění. Celkem v porovnání s původním stavem jsme spotřebu na vytápění snížili o 76,3 %. Celkové roční náklady se nám z částky 93 262 Kč snížili na 33 452 Kč. Úspora 59 810 Kč za rok při investici 357 800 Kč se nám vrátí za 5,7 roku. Jelikož z dotací získáme zpět 82 235 Kč, tak je návratnost pouhých 4,35 roku.

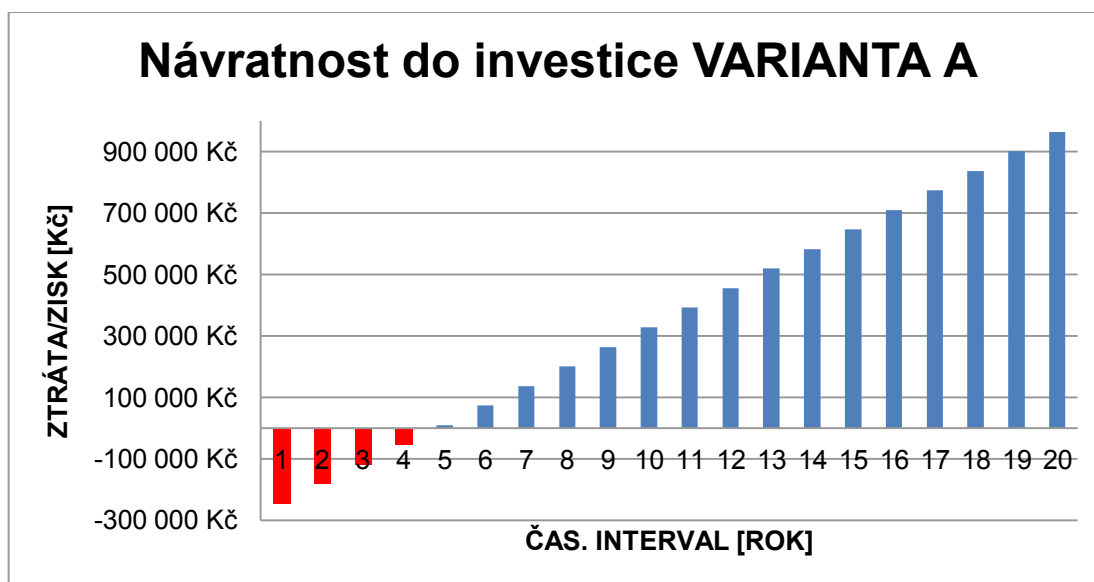
Tab. 9.3 Investice do zateplení stropu o tloušťce 240 mm CLIMATIZER PLUS (2. krok)

	1. krok	2. krok – zateplení stropu	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	12659 W	9911 W	-2748 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	78,3 %	-21,7 %
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	21,1 MWh	18,3 MWh	-13,2 %
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	40 960 Kč	32 025 Kč	-8 935 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	63386 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	7,1 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	-21,81 %	
VÝŠE DOTACE:	0 Kč	31 693 Kč	
INVESTICE S DOTACÍ N*:	0 Kč	31 693 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	3,55 let	

Z částky 82 235 Kč získané z 1. kroku investice vrátíme 7800 Kč co byla částka, kterou jsme minuli více, máme ještě 74 435 Kč. Při investici do zateplení stropu v hodnotě 63 386 Kč (2. krok) nám zůstane ještě dalších 11 tisíc. Navíc i v případě pouhého zateplení stropu dosáhneme na další dotaci kategorie A.0, protože se nám snížili náklady na vytápění o téměř 22 %. Dostaneme tedy zpět 50 % nákladů (31 693 Kč). Celkem nás tedy tato investice po odečtení dotace vyjde do 307 300 Kč. A za 42 700 Kč jít například na zaslouženou dovolenou.

Tab. 9.4 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA A (1. + 2. krok)

TYP KOTLE:	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA A (1. + 2. krok)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	11 913 Kč	-54 708 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	4 225 Kč	-5 543 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	10 549 Kč	0 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	1 200 Kč	-3 324 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 800 Kč	0 Kč
Roční náklady celkem:	93 262 Kč	29 687 Kč	-63 575 Kč
CELKOVÁ INVESTICE:	0 Kč	307 258 Kč	307 258 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	4,83	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-82,12%	



Graf. 9.1 Grafické znázornění návratnosti do investice VARIANTA A

Při investici do této varianty vychází návratnost do 5 let. Životnost nejnáchylnější části varianty A je kotel na uhlí se životností cca 15 let. Po 10-ti letech bude náš zisk již 328 492 Kč a po 15-ti letech 646 367 Kč. V případě bezporuchovosti celého systému by po 20-ti letech byl zisk 964 242 Kč (viz Graf. 9.1).

## 9.2 VARIANTA B (KOTEL NA ZP (kondenzační) + VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ + ZATEPLENÍ + OHŘEV VODY POMOCÍ SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ)

Varianta B obsahuje výměnu plynového kotle za plynový kotel kondenzační, který dosahuje vyšší účinnost. Cena kotle je v hodnotě 60 000 Kč. V případě kdybychom měli neekologický zdroj vytápění a měnili ho za plynový kotel kondenzační, získali bychom dotaci až 18 000 Kč. Na zateplení + výměnu oken a vstupních dveří nám zůstává až 290 000 Kč.

Pro výměnu oken byla zvolena varianta B3(1,8) (dvojsklo na jižní a západní straně a trojsklo na severní straně, jižní dvojsklo je zvětšeno o 300 mm v porovnání s variantou E) v hodnotě 67 636 Kč. Dveře byly vybrány dle varianty A v hodnotě 20 314 Kč. Na zateplení nám zůstává cca 202 000 Kč.

Za tuto částku se dá provést zateplení fasády šedým polystyrenem Isover EPS GreyWall o tloušťce až 160 mm v hodnotě 128 370 Kč + zateplit strop systémem CLIMATIZER PLUS o tloušťce 240 mm v hodnotě 63 386 Kč. Celková investice vyjde na 334 706 Kč (1. krok). Zůstalo nám ještě něco málo přes 15 000 Kč.

Tab. 9.5 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA B (1. krok)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B (1. krok)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	9907 W	- 10867 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	47,7 %	- 52,3 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1336,8 kWh/TO	+ 1,8 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	18,314 MWh	- 55,5 %
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	31 636 Kč	- 34 525 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	279 706 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	8,10 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 52,2 %	
VÝŠE DOTACE:	0 Kč	139 853 Kč	
INVESTICE S DOTACÍ N*:	0 Kč	139 853 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	4,05 let	

Při investici 279 706 Kč do zateplení fasády o tloušťce 160 mm, zateplení stropu o tloušťce 240 mm a výměny oken a dveří se nám náklady na vytápění snížili o 52,2 %, tedy máme nárok na dotaci ve výši až 139 853 Kč (A.2) a návratnost se nám sníží na přibližně z 8 let na 4 roky. Celkem nám tedy z plánované částky zůstává pořád 155 147 Kč, z důvodu vysokého procentuálního snížení nákladů na vytápění.

Tab. 9.6 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / KOND. PLYN. KOTEL (1. krok)

TYP KOTLE:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	PLYNOVÝ KOTEL KONDENZAČNÍ (účinnost 102 %)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	30 686 Kč	24 097 Kč	-6 589 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	8 841 Kč	-927 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	10 549 Kč	0 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	4 524 Kč	0 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 000 Kč	-800 Kč
Prohlídka komínu:	800 Kč	0 Kč	-800 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 000 Kč	0 Kč
Zdroj tepla:	0 Kč	60 000 Kč	životnost 15 let
Roční náklady celkem:	57 327 Kč	49 011 Kč	-8 316 Kč
INVESTICE do KOTLE:	0 Kč	60 000 Kč	60 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	7,22	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-21,47%	

Výsledkem výměny kotle nám je Tab. 9.6, kde je vidět, že následnou změnou kotle ušetříme 21,47 % na vytápění. Celkem v porovnání s původním stavem jsme spotřebu na vytápění snížili o 63,57 %, co je o téměř 13 % méně, avšak stále máme k dispozici 155 tisíc Kč. Celkové roční náklady se nám z částky 93 262 Kč snížili na 49 011 Kč. Úspora 44 251 Kč za rok při investici 194 833 Kč se nám vrátí již za 4,4 roku tak jak v předchozím případě.

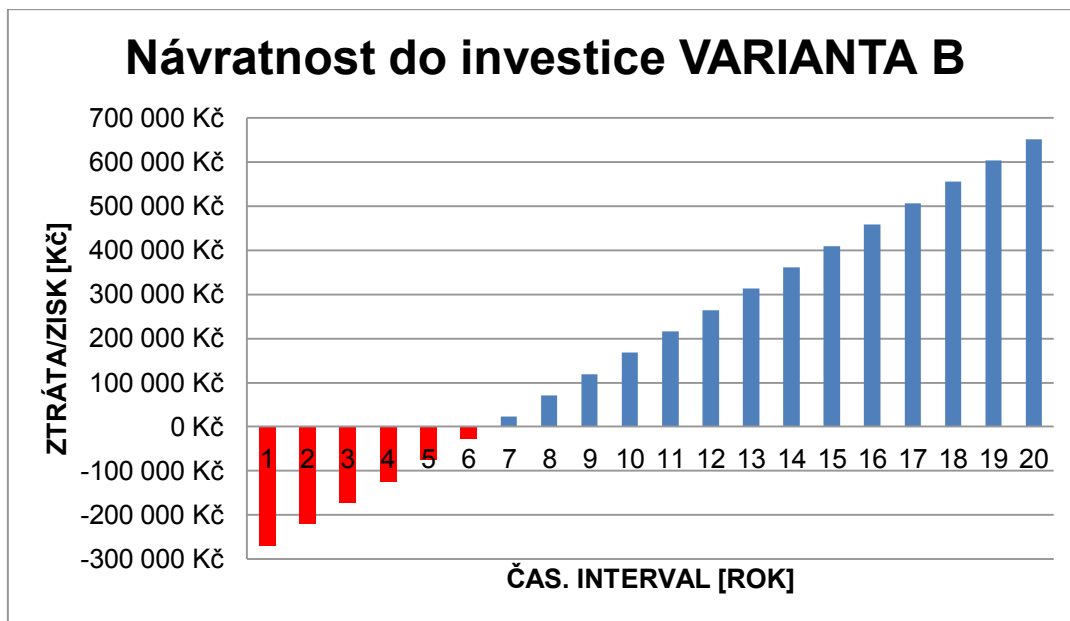
Ze zbylých 155 147 Kč se dá investovat do solární soustavy na ohřev vody nebo i na přitápění. Z výpočtů však vychází vhodnější varianta pro tento dům pouze ohřev vody. Pro tuto realizaci se poskytuje dotace ve výši 35 000 Kč (varianta ohřev vody a přitápění: 50 000 Kč). Solární systém obsahuje 3 ks kolektoru SB25 + V s příslušenství v celkové investici 156 513 Kč s tím, že se nám vrátí 35 000 Kč z dotace.

Tab. 9.7 Investice do solární soustavy BAXI 300 DC s deskovým kolektorem SB25 + V (2. krok)

TYP KOTLE / KOLEKTORU:	PLYNOVÝ KONDENZAČNÍ KOTEL (účinnost: 102 %)	PLOCHÝ KOLEKTOR SB 25 + V (účinnost 82,1 %) - 3 ks
Celková investice:	0 Kč	156 513 Kč
Úspora tepla (solární podíl) f:	0,00%	61,54%
Skutečně využitě zisky solární soustavy Q <sub>ssu</sub> [kWh/rok]:	0	3856
Náklady na VYTÁPĚNÍ	24 097 Kč	24 097 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	8 841 Kč	3 400 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	11 200 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	4 524 Kč
Roční INVESTICE:	1 000 Kč	1 626 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 626 Kč
Údržba komínu:	0 Kč	0 Kč
Roční náklady celkem	49 011 Kč	44 847 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	37,59

Úspora tepla (solární podíl)  $f$  byl již vypočten. Při 3 kusech kolektoru vychází na 61,54 %. Náklady na ohřev teplé vody se nám snížili z 8 841 Kč na 3 400 Kč a celkové roční náklady na 44 847 Kč s návratností 37,59 let. S dotací se nám návratnost snížila na přibližně 29 let.

Tato investice celkem po odečtení dotace vyjde 316 366 Kč. A zbylých 33 634 Kč můžeme investovat samy do sebe. Celkové roční náklady se nám z částky 93 262 Kč snížili na 44 847 Kč (o 52 %). V porovnání s variantou A jsou roční poplatky o 15 160 Kč vyšší.



Graf. 9.2 Grafické znázornění návratnosti do investice VARIANTA B

Při investici do této varianty (316 366 Kč) vychází návratnost na 6,5 roku, co je o rok a půl víc než v předchozí variantě. Životnost nejnáchylnější komponenty varianty B je kotel na ZP s životností cca 15 let. Po 15-ti letech bude náš zisk činit 409 859 Kč. V případě bezporuchovosti celého systému by po 20-ti letech byl zisk 651 934 Kč (viz Graf. 9.2). Za 15 let jsme tedy v porovnání s variantou A mohli získat až 236 508 Kč víc, a to je obrovská částka. Tedy investice do varianty A se oplatí mnohem více než-li do varianty B.

### 9.3 VARIANTA C (TEPELNÉ ČERPADLO (ZEMĚ-VODA) + VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ + ZATEPLENÍ)

V případě investice do tepelného čerpadla země-voda v hodnotě 280 000 Kč nám na další opatření pro snížení náročnosti domu zůstává pouze 70 000 Kč, z důvodu neuznané dotace, jelikož nevlastníme neekologický zdroj. V tomto případě by jsme dokázali vyměnit ještě okna dle varianty E a to je vše. Tato varianta je tedy pro náš dům zcela nevhodná, protože nemáme tak velkou možnost financování. Musela by se řešit půjčka.

V případě, že bychom měli nárok na dotaci, získali bychom zpět až 100 000 Kč. Celkem by tedy čerpadlo vyšlo na 180 000 Kč, by se dalo investovat v 1. kroku do oken varianty E + dveře varianty A + částečné zateplení (stropu). Pro dosažení dotace (snížení nákladů za vytápění o alespoň 20 %) je nutné zateplit strop o minimální tloušťce 200 mm. V případě zateplení stropu pouze 160 mm by se náklady snížili pouze o 19,6 %.

Celkem by tedy investice vyšla na cca 323 863 Kč. V dalším kroku po získání dotace z výměny oken a částečného zateplení se zbylá část použije pro fasádní zateplení v 2. kroku.

Tab. 9.8 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA C (1. krok)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA C (1. krok)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	16525 W	- 4249 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	79,5 %	- 20,5 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1101 kWh/TO	- 234 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	32,469 MWh	- 21,12 %
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	52 889 Kč	- 13 272 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	143 863 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	10,8 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 20,06 %	
VÝŠE DOTACE:	0 Kč	69 685 Kč	
INVESTICE S DOTACÍ N*:	0 Kč	74 178 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	5,6 let	

Tab. 9.9 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / TEPELNÉ ČERPADLO (1. krok)

TYP KOTLE:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ/VODA (top. faktor: 4,3)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	51 967 Kč	20 621 Kč	-31 346 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	3 230 Kč	-6 538 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	5 830 Kč	-4 719 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	5 088 Kč	564 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 000 Kč	-800 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	1 000 Kč	0 Kč
Zdroj tepla:	0 Kč	230 000 Kč	životnost 20 let
Primární okruh:	0 Kč	50 000 Kč	životnost 30 let
Roční náklady celkem:	78 608 Kč	35 769 Kč	-42 839 Kč
INVESTICE do KOTLE:	0 Kč	180 000 Kč	180 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	4,20	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-60,32%	



Výsledkem výměny kotle za tepelné čerpadlo v případě dotace je Tab. 9.9, kde je vidět, že ušetříme 60,32 % na vytápění. Celkem v porovnání s původním stavem jsme spotřebu na vytápění snížili o 68,8 %. Celkové roční náklady se nám z částky 93 262 Kč snížili na 35 769 Kč. Návratnost výměny kotle vychází na 4,2 roku.

Celkem nám zbylo 95 822 Kč z dotace na zateplení fasády domu. Tato částka není příliš velká. Zateplení šedým polystyrenem o tloušťce 100 mm se pohybuje za 117 000 Kč. Chybí nám tedy zhruba 21 000 Kč. Ovšem i při tomto kroku budeme mít opět nárok dotaci, takže se oplatí investovat i do větší tloušťky, nejlépe do tloušťky 150 mm, kdy se nám cena vyšplhá na 126 472 Kč, avšak náklady na vytápění se sníží o téměř 18 000 Kč za rok. Návratnost tak vychází na zhruba 7 let, jelikož jsou splněny požadavky na dotaci, návratnost vychází na 4,27 roku.

Tab. 9.10 Investice do zateplení fasády o tloušťce 150 mm (EPS GreyWall) (2. krok)

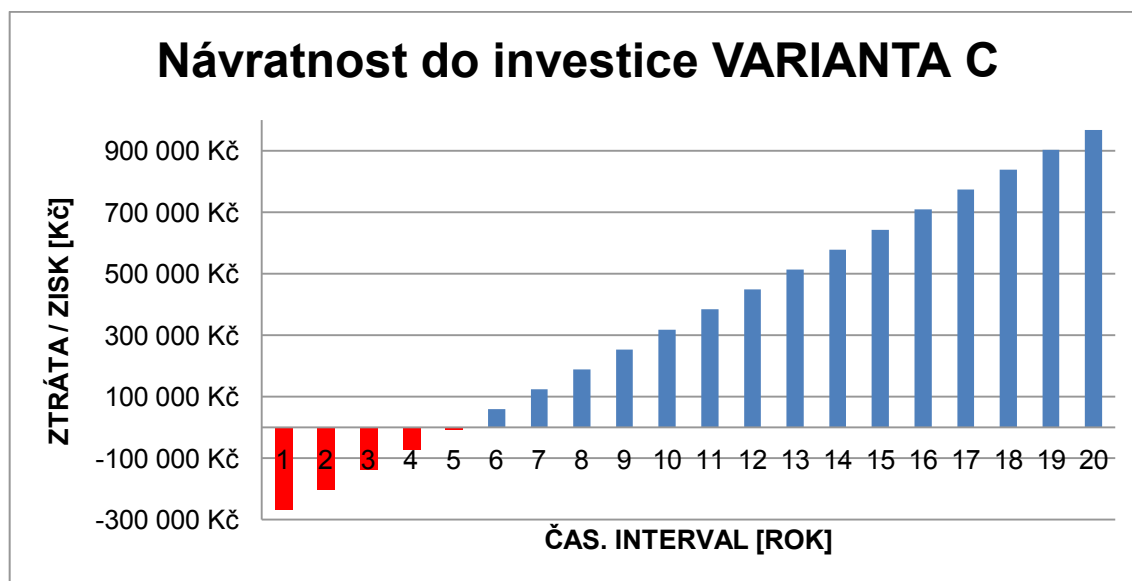
	1. krok	2. krok – zateplení fasády	
<b>CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA <math>Q_c</math>:</b>	16525 W	10940 W	- 5585 W
<b>SNÍŽENÍ ZTRÁTY:</b>	100 %	66,2 %	- 33,8 %
<b>ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:</b>	32,469 MWh	20,489 MWh	- 36,9 %
<b>NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:</b>	52 889 Kč	34 999 Kč	- 17 890 Kč
<b>INVESTICE N:</b>	0 Kč	126 472 Kč	
<b>PROSTÁ NÁVRATNOST:</b>	0 let	7,1 let	
<b>Snížení nákladů na vytápění v %</b>	0 %	- 33,83 %	
<b>VÝŠE DOTACE:</b>	0 Kč	50 000 Kč	
<b>INVESTICE S DOTACÍ N*:</b>	0 Kč	76 472 Kč	
<b>PROSTÁ NÁVRATNOST:</b>	0 let	4,27 let	

Celková investice do varianty C vychází na 330 650 Kč. Zbylo nám 19 350 Kč.

Tab. 9.11 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA C (1. + 2. krok)

TYP KOTLE:	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA C (1. + 2. krok)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	13 145 Kč	-53 476 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	3 230 Kč	-6 538 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	5 830 Kč	-4 719 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	5 088 Kč	564 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 000 Kč	-800 Kč
Roční náklady celkem:	93 262 Kč	28 293 Kč	-64 969 Kč
CELKOVÁ INVESTICE:	0 Kč	330 650 Kč	330 650 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	5,09	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-80,27%	

Procentuální snížení nákladů na vytápění vychází u této varianty až 80,27 %. Je to však o téměř 2 % méně než u varianty A a investice je o 23 392 Kč větší. Návratnost se ale pohybuje stále kolem 5 let.



Graf. 9.3 Grafické znázornění návratnosti do investice VARIANTA C

Při investici do této varianty vychází návratnost ihned po 5-ti letech. Životnost nejnáchylnější komponenty varianty A tepelné čerpadlo s životností cca 20 let, tedy o 5 let víc než u kotlů. Po 10-ti letech bude náš zisk již 319 040 Kč a po 15-ti letech 643 885 Kč. V případě bezporuchovosti celého systému by po 20-ti letech měl být zisk 968 730 Kč (viz Graf. 9.3). Takže celkový zisk po 20-ti letech je o něco větší než u varianty A.

#### 9.4 VARIANTA D (ZPLYNOVACÍ KOTEL NA DŘEVO + VÝMĚNA OKEN A DVEŘÍ + ZATEPLENÍ + FOTOVOLTAIKA)

V případě investice do kotle na dřevo v hodnotě 50 000 Kč nám na další opatření pro snížení náročnosti domu zůstává až 300 000 Kč i bez nároku na dotaci. Pro výpočet tepelných ztrát budovy pro variantu D jsou použité stejné hodnoty jako při variante B, jelikož ceny kotle se liší pouze o 10 000 Kč.

Při investici 279 706 Kč do zateplení fasády o tloušťce 160 mm, zateplení stropu o tloušťce 240 mm a výměny oken a dveří se nám náklady na vytápění snížili o 52,2 %, tedy máme nárok na dotaci ve výši až 139 853 Kč (A.2) a návratnost se nám sníží na přibližně z 8 let na 4 roky.

Celkem tedy zůstává pro 2. krok až 160 000 Kč.

Tab. 9.12 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA D (1. krok)

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA D (1. krok)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ :	20774 W	9907 W	- 10867 W
SNÍŽENÍ ZTRÁTY:	100 %	47,7 %	- 52,3 %
ZISK OKNY:	1335 kWh/TO	1336,8 kWh/TO	+ 1,8 kWh/TO
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ:	41,16 MWh	18,314 MWh	- 55,5 %
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	31 636 Kč	- 34 525 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	279 706 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	8,10 let	
Snížení nákladů na vytápění v %	0 %	- 52,2 %	
VÝŠE DOTACE:	0 Kč	139 853 Kč	
INVESTICE S DOTACÍ N*:	0 Kč	139 853 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST:	0 let	4,05 let	

Tab. 9.13 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / KOTEL DŘEVO (1. krok)

TYP KOTLE:	PLYNOVÝ KOTEL BĚŽNÝ (účinnost: 89 %)	ZPLYNOVACÍ KOTEL NA DŘEVO (účinnost 86 %)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	30 686 Kč	11 835 Kč	-18 851 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	4 225 Kč	-5 543 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	11 016 Kč	467 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	1 200 Kč	-3 324 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 500 Kč	-300 Kč
Prohlídka komínu:	800 Kč	800 Kč	0 Kč
Servis + údržba:	1 000 Kč	700 Kč	-300 Kč
Zdroj tepla:	0 Kč	35 000 Kč	životnost 12 let
Sklad paliva:	0 Kč	15 000 Kč	životnost 20 let
Roční náklady celkem:	57 327 Kč	29 776 Kč	-27 551 Kč
INVESTICE do KOTLE:	0 Kč	35 000 Kč	35 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	1,27	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-61,43%	

Výměnou původního kotle za kotel na dřevo se návratnost i bez dotace pohybuje za 1,27 roku. V porovnání s plynovým kondenzačním kotlem je to o 6 let méně a snížení nákladů na vytápění je až o 40 % lepší. Varianta B je tedy horší než tato varianta.

Ze zbylých 160 000 Kč se dá investovat do solární soustavy na ohřev vody nebo i na přitápění. Z výpočtů sice vychází vhodnější varianta pro tento dům pouze ohřev vody tak jak u varianty B, avšak náklady za teplou vodu už jsou tak nízké, že návratnost solární soustavy vychází až na 86 let bez dotace. V případě započítání dotace je návratnost 62 let. Při variantě ohřevu i přitápění se návratnost pohybuje obdobně. Tedy investice do solární soustavy BAXI se vůbec nevyplatí.

Vhodnější variantou je investice do fotovoltaických panelů. Není na ně sice dotace, ale návratnost se pohybuje do 30 let, což pořád není vhodné ale lepší než investice do kolektorů.

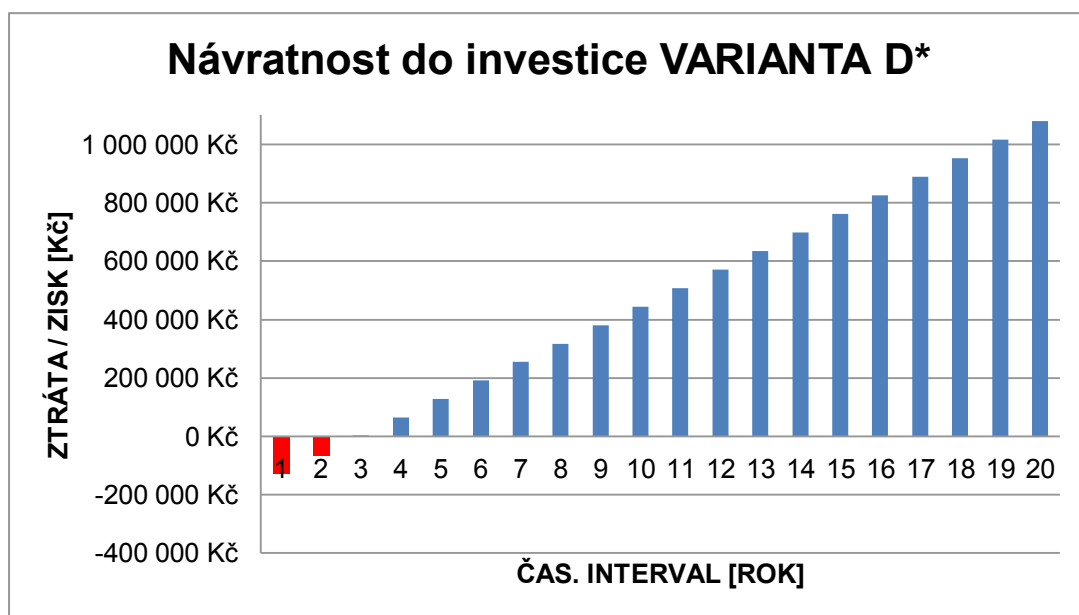
Investice do fotovoltaiky je však 210 000 až 220 000 Kč (HFVE 1,5 kWp, FVE 4,32 kWp viz kapitola č. 7), co je o 50 000 až 60 000 Kč víc než si můžeme dovolit. Návratnosti jsou uvedeny v kapitole č. 7.

Celková investice do varianty D\* v případě investice do FVE 4,32 kWp vychází na přibližně 400 000 Kč.

Tab. 9.14 Porovnání výsledků PŮVODNÍ STAV / VARIANTA D (1. + 2. krok)

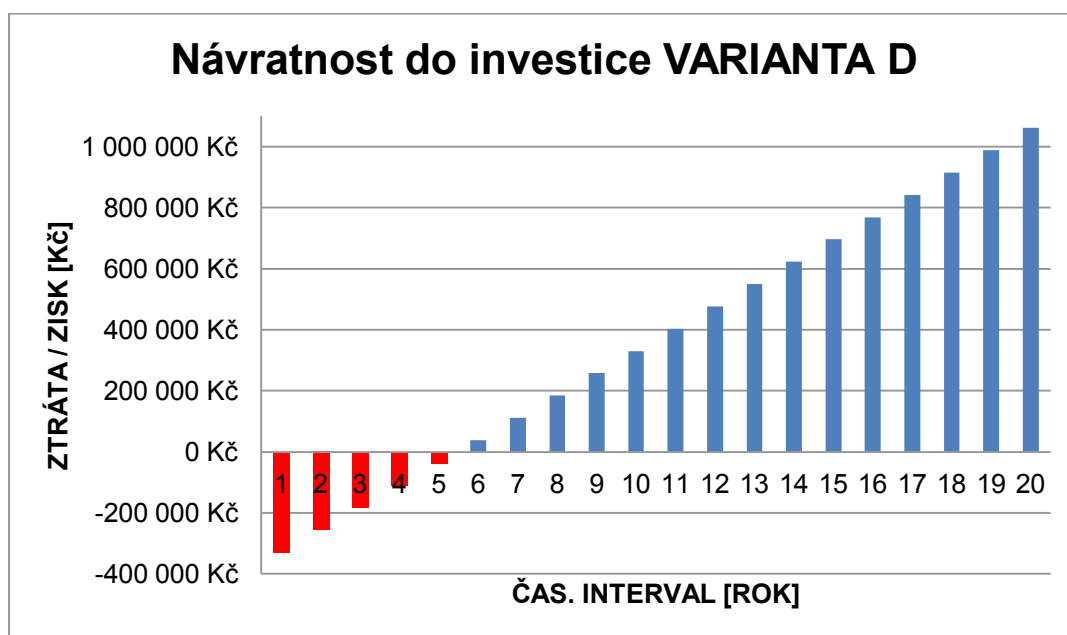
TYP KOTLE:	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA D (1. + 2. krok)	
Náklady na VYTÁPĚNÍ	66 621 Kč	11 835 Kč	-54 786 Kč
Náklady na TEPLÁ VODA	9 768 Kč	4 225 Kč	-5 543 Kč
Náklady na ELEKTRO	10 549 Kč	1 416 Kč	-9 133 Kč
POPLATKY	4 524 Kč	1 200 Kč	-3 324 Kč
Roční INVESTICE:	1 800 Kč	1 500 Kč	-300 Kč
Roční náklady celkem:	93 262 Kč	20 176 Kč	-73 086 Kč
CELKOVÁ INVESTICE:	0 Kč	400 000 Kč	400 000 Kč
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0,00	5,47	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0,00%	-82,24%	

Z Tab. 9.14 tedy vychází, že investice ve výši 400 000 Kč se nám vrátí za již 5,5 roku. Roční náklady se snížili na 20 000 Kč, co je nejnižší částka ze všech variant. Roční úspora je až 73 000 Kč. Tedy i při investici do drahé fotovoltaické elektrárny s poměrně vysokou návratností v kombinaci s kotlem na dřevo, který má rychlou návratnost, se investice vrátí rychle. Je potřeba však získat licenci. V případě hybridní FVE by návratnost byla vyšší o zhruba 3 měsíce a není potřeba licence, tedy pro běžnou domácnost ideál.



Graf. 9.4 Grafické znázornění návratnosti do investice VARIANTA D\* (bez fotovoltaiky)

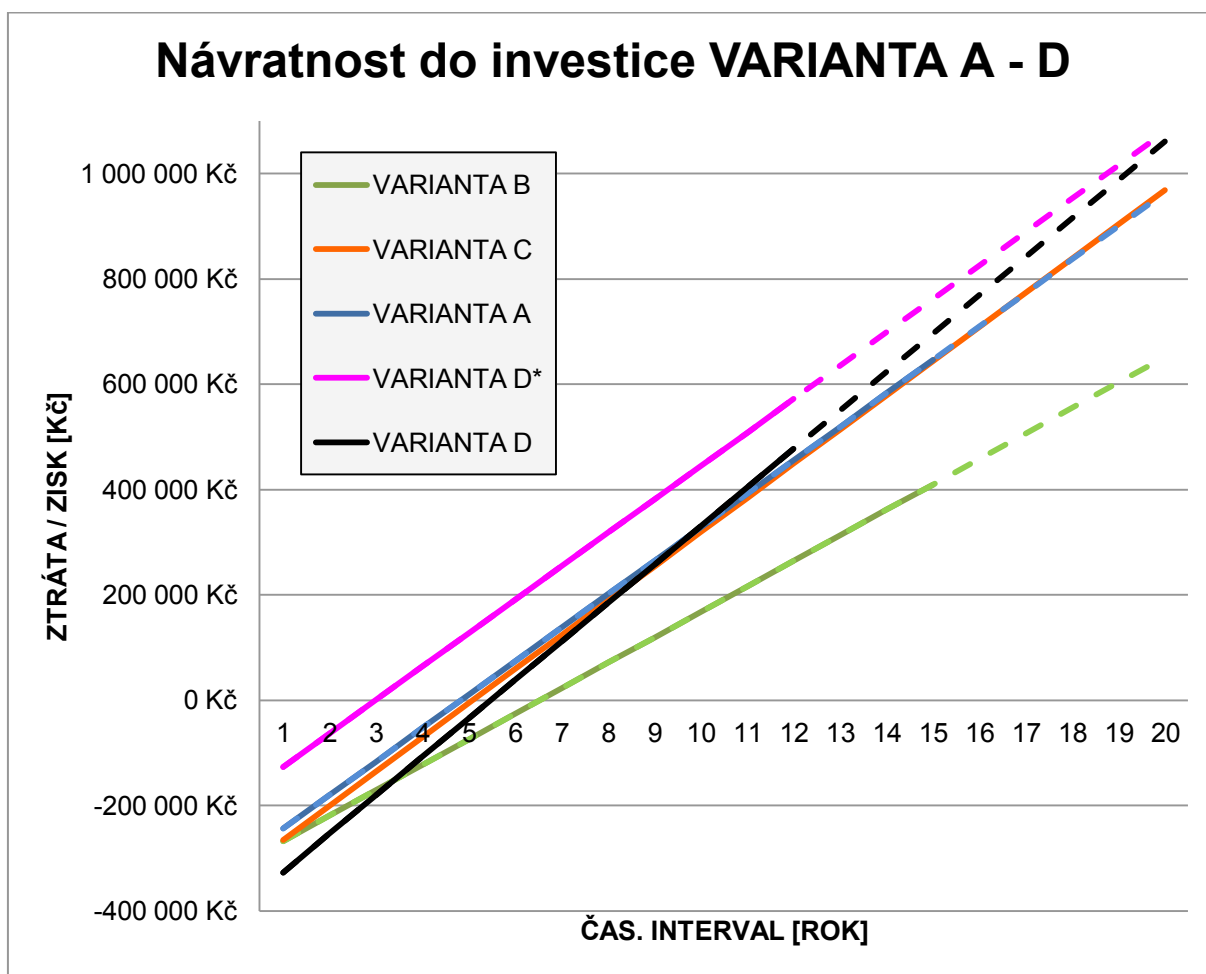
Při investici do této varianty (190 000 Kč bez fotovoltaiky) vychází návratnost na 3 roky. Po 10-ti letech bude náš zisk činit 444 860 Kč. U kotle na dřevo je uvedena životnost pouze 12 let. Při tomto věku jsou zisky 571 832 Kč (o 123 000 více než u varianty C). Při 15-ti letech je zisk 762 290 Kč viz Graf. 9.4.



Graf. 9.5 Grafické znázornění návratnosti do investice VARIANTA D

Při investici do varianty D (400 000 Kč) vychází návratnost na 5,5 roku. Po 10-ti letech bude náš zisk činit 330 860 Kč. U kotle na dřevo je uvedena životnost pouze 12 let. Při tomto věku jsou zisky 477 032 Kč (o 28 000 více než u varianty C). Při 15-ti letech je zisk 643 885 Kč viz Graf. 9.5.

## 9.5 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ



Graf. 9.6 Grafické porovnání návratnosti do investice (VARIANTA A až D)

Z výsledného grafu 9.6 je vidět porovnání návratnosti do jednotlivých variant A až D. Varianta D má nejvyšší počátečnou investici (400 000 Kč) a navíc při životnosti 12 let se peníze vrátí pomaleji než u varianty A až C, ale křivka narůstá strměji, takže při zhruba 9-ti letech jsou si varianty rovnocenné. Varianta D pak dosahuje vyšší úspory, ale s kratší životností. Varianta D\* má stoupání stejné jako varianty A až C i přesto, že počáteční investice byla téměř poloviční. Vychází tedy neekonomičtěji a po 12-ti letech nás čeká nejvyšší zisk.

Nejhůř je na tom varianta B, přestože plynový kondenzační kotel je velmi vhodný při této stavbě kvůli nenáročnosti (výměna plyn za plyn), chybí nám na ni dotace. Dále je tato varianta v kombinaci s kolektory na ohřev vody, které mají opět velmi velkou návratnost při vysoké počáteční investici. V případě investice do varianty B bez kolektorů vychází varianta velmi pozitivně a nejedná se o velký zásah do stávajícího způsobu vytápění, ale v porovnání s variantou D\* je přesto horší.



Varianta A a C (hnědé uhlí / tepelné čerpadlo) vychází téměř totožně. Uvažuji však s dotací na tepelné čerpadlo, na kterou nárok nemám. Tedy i přes dotaci není tato varianta lepší než–li klasické hnědé uhlí bez dotace. Přesto při nároku na dotaci se určitě více oplátí z důvodu vyšší životnosti tepelného čerpadla až o 5 let.

Zajímavé je však porovnat výhodnou variantu D\* a variantu A. Varianta D\* vychází nám kratší návratnost, ale životnost má o 3 roky nižší. Celkem tedy při variante A za dobu životnosti tepelného zdroje v porovnání s variantou D\* získáme o téměř 75 000 Kč více. Takže neekologický zdroj vytápění v podobě hnědé uhlí vychází při svých typických životnostech taky mezi dobrou volbu do investice.

## ZÁVĚR

Pro zjištění nákladů za vytápění a ohřev teplé vody je nutné předem zjistit tepelnou ztrátu dané budovy. Dnes existuje mnoho variant pro výpočet. Pro tuto práci byl zvolen výpočet dle normy ČSN 06 0210, která je jednoduchá a hezky propracována. Celková tepelná ztráta budovy  $Q_C$  vyšla 20,774 kWh, z čehož až 35% tvoří ztráty přes obvodové stěny. Potřeba tepla na vytápění vychází 43,68 MWh/rok.

Jelikož tepelné zisky od lidí, el. spotřebičů a zisky sluneční radiací oknem nejsou zanedbatelné hodnoty, vychází celková roční potřeba na vytápění o 2520 kWh/rok méně.

Celková potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody s využitím tepelných zisků vychází 49,3 MWh/rok. Náklady na vytápění pro plynový kotel jsou 69 949 Kč/rok, s tepelnými zisky 66 161 Kč. Celkové roční náklady za energie vychází na 93 262 Kč.

Při výměně oken hraje velkou roli orientace na světovou stranu. Při výměně stávajících oken za okno varianty B (plastové okno s trojsklem) vychází v porovnání s variantou A (plastové okno s dvojsklem) roční náklady téměř stejně, ovšem trojsklo je o 14 500 Kč dražší. Ztráty jsou u trojskla nižší, ale jsou nižší i tepelné zisky, což způsobí, že platba za rok vychází téměř stejně. Výhodnější je kombinace oken. Nejvýhodnější je varianta E, kde je trojsklo umístěno pouze na severní stranu. Snížení nákladů na vytápění je až 4,28 % a návratnost vychází na 23 let při investici cca 65 000 Kč. Společně při výměně oken dle varianty E a dveří se návratnost zvýší o zhruba 2 a půl roku.

Zateplení fasády z ekonomického hlediska vychází nejlépe pro šedý polystyren. Již při tloušťce zateplení 150 mm se dá dosáhnout hodnoty pasivního domu a při investici 126 500 Kč vychází návratnost 6,13 roku. Náklady na vytápění se snížili o 20 600 Kč (31 %). Při minerální vatě (Isover NF 333) o tloušťce 100 mm není splněna ani hodnota požadovaná.

Zateplení stropu pod půdou trvá mnohem kratší dobu než zateplení fasády. Úspora je až 15 % nákladů. Varianta foukané izolace CLIMATIZER PLUS vychází levněji než konkurenční systémy (např. Isover STEPcross). Při investování do tloušťky izolace 240 mm dosáhneme hodnoty pasivního domu a náklady na vytápění jsou o 10 000 Kč nižší.

Zvětšením oken na jižní straně o 300 mm dosáhneme větších solárních zisků. Zisk okny dosahuje hodnotu téměř stejnou jako u původních oken. V případě výměny oken se zateplením se zvětší solární zisky, ale zvýší se ztráty budovy. Okno má horší součinitel prostupu tepla jako zateplená fasáda (6-7x). Investice do většího okna však vychází příznivě. Při investici do ještě většího okna (+200 mm) se již návratnost až tak neoplatí z důvodu jednoho středového panelu navíc, který nám brání solárním ziskům. Nejvýhodněji tedy vychází varianta E nebo varianta se zvětšením okna o 300 mm.

Změnou stávajícího typu vytápění se dají snížit náklady na vytápění až o 60 %. Výměnou plynové kotle za tepelné čerpadlo typu země – voda se náklady na vytápění při nezatepleném domě sníží o 40 000 Kč (o 60 %). Celkové roční náklady poklesli o téměř 52 000 Kč s návratností do 5,5 roku. Investice je však velká i v případě dotace.

Levnější variantou je kotel na dřevo (zplynovací), sníží náklady na vytápění o zhruba 36 %. Počáteční investice 50 000 Kč se vrátí již za 1,6 roku. U kotle na uhlí je návratnost 3 roky. Investice je 146 000 Kč se životností systému 15 let. Snížení nákladů na vytápění podobně jako u TČ. Při použití solárních kolektorů je návratnost 33 až 43 let.

Při investici do FV panelů je návratnost kratší i přes vyšší investici. Při HFVE je návratnost 27,5 roku a pokrytí spotřeby energie až 75,6 %. Při investici do FVE vychází návratnost zhruba 22 let a pokrytí potřeby 91 %.

V kapitole č. 8 byly popsány konkrétní informace a podmínky pro udělení dotace na jednotlivé kategorie na rok 2015. Je možné získat až 50 % vynaložených nákladů.

V poslední kapitole jsou uvedeny komplexní varianty pro snížení nákladů za energie pro zadaný rodinný dům. Jako zateplovací materiál fasády byl použit šedý polystyren a na zateplení stropu CLIMATIZER PLUS. Dveře jsou plastové dle varianty A.

Varianta A obsahuje kotel na HU + výměnu oken (varianta E) + vstupních dveří a zateplení fasády o tloušťce 150 mm. Z vrácených peněz z dotace bylo investováno do zateplení stropu o tloušťce 240 mm. Investice vychází na 307 300 Kč. Celková ztráta budovy se nám snížila z 20,774 kW na 9,907 kW (o 52,3 %). Náklady na vytápění vycházejí na pouhých 12 000 Kč (o 55 000 Kč méně) a náklady za vodu o 5500 Kč méně. Roční poplatky se snížili z 93 262 Kč na pouhých 29 687 Kč (o 63 575 Kč méně) s návratností 5 let. Zisk po 15-ti letech by měl být orientačně kolem 650 000 Kč.

Variantou B je investice do kondenzačního kotle na ZP + zateplení fasády o tloušťce 160 mm + výměna oken (varianta B3(1,8)) a zateplení stropu o tloušťce 240 mm. Investice vychází na 334 706 Kč. S vrácenou dotací nám zbývá až 155 000 Kč a ztráty jsou totožné s předchozí variantou. Celkové roční náklady se nám z částky 93 262 Kč snížili na 49 011 Kč. Úspora 44 251 Kč za rok při investici 194 833 Kč se nám vrátí již za 4,4 roku, téměř jako v předchozím případě. Navíc nám zbyla hezká částka. Dále je možné investovat do solární soustavy s deskovým kolektorem, návratnost kolektorů avšak vychází na 37,6 let, což překračuje životnost. Celková návratnost je 6,5 roku a zisk po 15-ti letech je 410 000 Kč.

Investice do varianty C, která obsahuje TČ, nám na ostatní investici zbude pouze 70 000 Kč. V případě nároku na dotaci výpočet vychází obdobně jako při variantě s kotlem na HU. Životnost TČ je však 20 let. Zisk po 20-ti letech by vyšel na téměř 970 000 Kč.

Nejvýhodnější variantou vychází varianta D\* (zplynovací kotel na dřevo se zateplením fasády, stropu a výměny oken a dveří). Kotel na dřevo v hodnotě 50 000 Kč se skladem paliva se oplatí i bez nároku na dotaci. Výpočet je obdobný jako při variantě B. Zbylá částka tvoří 160 000 Kč. Procentuální snížení nákladů je až 61,4 %, o 40 % větší snížení nákladů v porovnání se ZP. Návratnost vychází na 1,27 roku. Návratnost celé varianty D\* jsou 3 roky. Nevýhodou je nižší životnost a to 12 let (kondenzační kotel na ZP – životnost 15 let). Po 12-ti letech je zisk 572 000 Kč. Při investici se zbylých peněz do FVE by nám investice překročila dostupnou částku o 50 000 Kč (varianta D). Celková návratnost však při variante D je 5,5 roku a roční náklady jsou 20 000 Kč (o 73 100 Kč nižší než původní).

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MURTINGER, Karel. *Úsporný rodinný dům*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 112 s. Profi. ISBN 978-80-247-4559-6.
- [2] *Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>>
- [3] *Lokalita domu – klimatická data*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://vytapani.tzb-info.cz/docu/tabulky/0001/000138o8.gif>>
- [4] *Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/107-vypocet-tepelne-ztraty-objektu-dle-csn-06-0210>>
- [5] *Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicestvrou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>>
- [6] *On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>>
- [7] *Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3 (1994)*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/32-soucinitel-prostupu-tepla-a-soucinitel-sparove-pruvzdusnosti-oken-a-dveri-dle-csn-73-0540>>
- [8] *Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitri-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>>
- [9] *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>>
- [10] *Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva*. TZB-info [online]. Dostupné na: <[http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie\\_gj=215.4](http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj=215.4)>
- [11] *Porovnání nákladů na vytápění – TZB-info*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>>

- [12] PALKOVIČ, P. *Možnosti úspor elektrické energie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 102s. 8 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Hejčík, Ph.D. Dostupné na: <[https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp\\_id=64501](https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=64501)>
- [13] *Tepelné zisky od vnitřních zdrojů*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://www.tzb-info.cz/3065-tepelne-zisky-od-vnitrnich-zdroju>>
- [14] *Dřevěná okna, eurookna ALBO, modelová řada dřevěných eurooken IV92 STRONG 3+*. ALBO.cz [online]. Dostupné na: <<http://www.albo.cz/drevena-okna-iv92strong-3plus/>>
- [15] GRYGERA, Filip a Alice KUPČEKOVÁ. *Bydlete úsporně: jak investovat do energetických úspor a získat dotaci v programu Zelená úsporám*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2010, 152 s. ISBN 978-80-251-2857-2.
- [16] *Stanovení tepelných zisků zasklení ze slunečního záření v energetickém hodnocení budov*. TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8972-stanoveni-tepelnych-zisku-zaskleni-ze-sluncniho-zareni-v-energetickem-hodnoceni-budov>>
- [17] *Sklo Lux se solárními zisky*. SLOVAKTUAL s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://www.slovaktual.cz/sklo-lux-se-solarnimi-zisky/>>
- [18] *Plastové okna a plastové dveře (balkonové)*. OKNA MACEK [online]. Dostupné na: <<http://www.oknamacek.cz/plastova-okna-dvere/>>
- [19] *Dřevěné okna a dřevěné dveře*. OKNA MACEK [online]. Dostupné na: <<http://www.oknamacek.cz/drevena-okna-dvere/>>
- [20] *Dřevěná eurookna - Praha, Jihlava*. EUROLEX Praha s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://www.okeurolex.cz/drevena-okna.php>>
- [21] *Vstupní dveře (vchodové dveře)*. OKNA MACEK [online]. Dostupné na: <<http://www.oknamacek.cz/vstupni-dvere/#plastove>>
- [22] *SULKO – Pozvánka na stavbu*. SULKO s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/6988-sulko-pozvanka-na-stavbu>>
- [23] *Rekonstrukce bytů a domů České Budějovice*. MagazínPodnikání.cz [online]. Dostupné na: <<http://www.magazinpodnikani.cz/remesla.15/rekonstrukce-bytu-a-domu-ceske-budejovice.2688.html>>
- [24] *Zateplení fasády cena za m2*. Zofi fasády s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/zatepleni-fasady-cena-za-m2/>>

- [25] *Zateplení kontaktní fasády polystyrenem*. ISOVER-ESHOP.CZ [online]. Dostupné na: <<http://www.isover-eshop.cz/zatepleni-kontakt-ni-fasady-polystyrenem>>
- [26] *Zateplení kontaktní fasády minerální vatou*. ISOVER-ESHOP.CZ [online]. Dostupné na: <<http://www.isover-eshop.cz/zatepleni-kontakt-ni-fasady>>
- [27] *Špičková foukaná izolace*. EKO HOLD, spol. s r.o. [online]. Dostupné na: <[http://www.ekohold.cz/img/pdf/katalog\\_CP\\_2014\\_1\\_web.pdf](http://www.ekohold.cz/img/pdf/katalog_CP_2014_1_web.pdf)>
- [28] *Izolace podlahy a stropu*. ISOVER-ESHOP.CZ [online]. Dostupné na: <<http://www.isover-eshop.cz/izolace-podlahy-a-stropu>>
- [29] *Isover UNI*. ISOVER-ESHOP.CZ [online]. Dostupné na: <<http://www.isover-eshop.cz/isover-uni>>
- [30] *Isover KŘÍŽ EPS*. ISOVER-ESHOP.CZ [online]. Dostupné na: <<http://www.isover-eshop.cz/isover-kriz-eps>>
- [31] *Isover STEPcross – zateplení pochozí půdy*. Stavebniny-rychle.cz [online]. Dostupné na: <<http://www.stavebniny-rychle.cz/isover-stepcross-tl-160mm.html>>
- [32] *Ceník zateplení stropů a střešních konstrukcí*. BDS DESIGN STUDIO&MALREKO [online]. Dostupné na: <<http://www.poptavky-stavebni.cz/inpage/cenik-zatepleni-strech-a-stropu/>>
- [33] *Foukaná izolace – cena není jedinou výhodou!* CIUR a.s. [online]. Dostupné na: <<http://www.climatizer.cz/clanek/zobrazit/foukana-izolace-cena-neni-jedinou-vyhodou>>
- [34] *Foukaná izolace – ceník*. A1 servis CZ, s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://www.foukanaizolacebrno.cz/foukana-izolace-cenik-foukana-izolace/>>
- [35] LADENER, Heinz. *Jak pořídit ze staré stavby nízkoenergetický dům: energetická a technická sanace budov v praxi*. 1. vyd. Ostrava: HEL, 2001, 213 s. ISBN 80-861-6716-X.
- [36] *Jak pracuje tepelné čerpadlo?* Topení-chlazení.cz [online]. Dostupné na: <<http://www.topeni-chlazení.cz/princip-funkce/>>
- [37] *Informace k dotačnímu programu nová zelená úsporám*. Nová zelená úsporám [online]. Dostupné na: <<http://www.novazelenausporam.cz/>>
- [38] VELFEL, Petr. *Rodinný dům podle představ: [od projektu k realizaci]*. 1. vyd. Hradec Králové: Paradise Studio, 2008, 188 s. ISBN 978-80-254-2220-5.



- [39] *Co je průkaz energetické náročnosti budovy?* Chytré-bydlení.cz [online]. Dostupné na: <<http://www.chytre-bydleni.cz/co-je-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>>
- [40] *Topení.* GASTHERM [online]. Dostupné na: <[http://www.gastherm-cz.cz/?page\\_id=15](http://www.gastherm-cz.cz/?page_id=15)>
- [41] *Kotle plynové kondenzační - ekologie a vysoká účinnost topení.* Topenáři EKOMPLEX [online]. Dostupné na: <<http://www.chytre-bydleni.cz/co-je-prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>>
- [42] *Přístřešek na dřevo.* Hotovedomy s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://www.hotovedomy.cz/pr-clanky/zahradni-domky/124-pristresek-na-drevo/>>
- [43] *Kotle na dřevo - ekonomické topení dřevem.* Topenáři EKOMPLEX [online]. Dostupné na: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva/drevo.php>>
- [44] *Kotle na pelety - ekologické topení dřevěnými peletami.* Topenáři EKOMPLEX [online]. Dostupné na: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva/pelety.php>>
- [45] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií: [od projektu k realizaci]*. 1. vyd. Hradec Králové: Grada, 2008, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [46] *Kotle na uhlí - nenáročné topení uhlím.* Topenáři EKOMPLEX [online]. Dostupné na: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva/uhli.php>>
- [47] *Přímotopy | Přímotopné konvektory | Přímotopná tělesa.* Topenáři EKOMPLEX [online]. Dostupné na: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/otopna-telesa/primotopy.php>>
- [48] *Tepelná čerpadla | Vytápění tepelným čerpadlem.* Topenáři EKOMPLEX [online]. Dostupné na: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-čerpadla.php>>
- [49] VELFEL, Petr. *Energie pro rodinný dům: [od projektu k realizaci]*. 1. vyd. Hradec Králové: Paradise Studio, 2010, 173 s. Stavitel. ISBN 978-80-254-7679-6.
- [50] *Kolik stojí solární kolektory pro ohřev vody a vytápění? A kolik ušetříte?* Nazeleno.cz [online]. Dostupné na: <<http://www.nazeleno.cz/kolik-stoji-solarni-kolektory-pro-ohrev-vody-a-vytapeni-a-kolik-usetrite.dic>>
- [51] *Solární vytápění | Sluneční kolektory | Topení energií slunce.* Topenáři EKOMPLEX [online]. Dostupné na: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni.php>>

- [52] *Ekonomika solárních tepelných soustav I.* TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/7072-ekonomika-solarnich-tepelných-soustav-i>>
- [53] *Solární kolektory pro rodinný dům: Stačí 1 metr čtvereční na osobu.* Nazeleno.cz [online]. Dostupné na: <<http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-kolektory-pro-rodinny-dum-staci-1-metr-ctverečni-na-osobu.aspx>>
- [54] *Solární vytápění kapalinové | Sluneční kolektory.* Topenáři EKOMPLEX [online]. Dostupné na: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php>>
- [55] *Zjednodušená bilance solárního kolektoru.* TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypočty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>>
- [56] *Zjednodušená bilance solárního kolektoru.* TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/7115-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>>
- [57] Matuška, T., Šourek, B.: *Revize TNI 73 0302 pro zjednodušené hodnocení solárních tepelných soustav, Větrání, vytápění, instalace č. 4*, 2014. STP 2014. Dostupné na: <[http://www.ckait.cz/sites/default/files/Matuska\\_TNI\\_ENB\\_CKAIT\\_aktiv2014.pdf](http://www.ckait.cz/sites/default/files/Matuska_TNI_ENB_CKAIT_aktiv2014.pdf)>
- [58] *Zjednodušený výpočtový postup energetického hodnocení solárních soustav.* Operační program životní prostředí [online]. Dostupné na: <[http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/14/4497-metodika\\_bilance\\_ss.pdf](http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/14/4497-metodika_bilance_ss.pdf)>
- [59] *Technický ceník 2015/01.* BAXI [online]. Dostupné na: <<http://www.baxi.cz/res/data/009/001169.pdf>>
- [60] *Solární fotovoltaické články.* ČEZ, a. s. [online]. Dostupné na: <<https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>>
- [61] *Jak funguje fotovoltaika / získávání energie ze světla.* Solar-is-future.cz [online]. Dostupné na: <<http://www.solar-is-future.cz/energie-ze-slunce/jak-funguje-fotovoltaika/ziskavani-energie-ze-svetla/index.html>>
- [62] *Optimální orientace a sklon fotovoltaických panelů.* TZB-info [online]. Dostupné na: <<http://oze.tzb-info.cz/114865-optimalni-orientace-a-sklon-fotovoltaických-panelů>>
- [63] *JRC. PVGIS* [online]. Dostupné na: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>>
- [64] *FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA NA STŘEŠE DOMU.* ASB-portal.cz [online]. Dostupné na: <<http://www.asb-portal.cz/tzb/fotovoltaika/fotovoltaicka-elektrarna-na-strese-domu>>

- [65] *Hybridní fotovoltaické elektrárny*. Solární Panely.CZ, s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://solarni-panely.cz/e-shop/hybridni-fotovoltaicke-elektrarny>>
- [66] *Hybridní fotovoltaická elektrárna 1,5 kWp / 1,2 kW / 24V*. Solární Panely.CZ, s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://solarni-panely.cz/e-shop/hybridni-fotovoltaicke-elektrarny/hybridni-fotovoltaicka-elektrarna-1-5-kwp-1-2-kw-24v>>
- [67] *Fotovoltaická solární elektrárna - 4,32 kWp*. Solární Panely.CZ, s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://solarni-panely.cz/e-shop/fotovoltaicke-elektrarny/fotovoltaicka-solarni-elektrarna-4-32-kwp>>
- [68] *Fotovoltaická solární elektrárna – 7,92 kWp*. Solární Panely.CZ, s.r.o. [online]. Dostupné na: <<http://solarni-panely.cz/e-shop/fotovoltaicke-elektrarny/fotovoltaicka-solarni-elektrarna-7-92-kwp>>
- [69] *Podmínky oblasti podpory A*. Nová zelená úsporám [online]. Dostupné na: <<http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/2-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-a/>>
- [70] *Podmínky oblasti podpory C*. Nová zelená úsporám [online]. Dostupné na: <<http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/2-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-c/>>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

$a (a_M)$	[m]	Půdorysný rozměr (delší strana)
$a_1$	$[W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}]$	Lineární součinitel tep. ztráty kolektoru
$a_2$	$[W \cdot K^{-2} \cdot m^{-2}]$	Kvadratický součinitel tep. ztráty kolektoru
$A_{k1}$	$[m^2]$	Plocha apertury sol. kolektoru
$A_n$	$[m^2]$	Plocha neprůsvitné části okna
$T$	[-]	Celková propustnost slunečního záření okna
$T_1$	[-]	Propustnost slunečního záření zasklení
$T_2$	[-]	Znečištění zasklení
$T_3$	[-]	Činitel stínění okna
$cm$	[-]	Činitel využití slunečního záření
$cn$	[-]	Korigující činitel uhlu dopadu slunečních paprsků
$A_{ok,p}$	$[m^2]$	Plocha průsvitné části okna
$A_o$	$[m^2]$	Plocha okna
$b (b_M)$	[m]	Půdorysný rozměr (kratší strana)
$B$	$[Pa^{0,67}]$	Charakteristické číslo budovy
$c$	$[J/KgK]$	Měrná tepelná kapacita vody
$d$	[dny]	Délka otopného období
$D$	$[K \cdot dny]$	Denostupně
$d$	[m]	Tloušťka vrstev konstrukcí
$e_d$	[-]	Součinitel zkrácení doby vytápění (objekt s provoz. přestávkami)
$E_d$	[kWh]	Průměrná denní produkce elektřiny systému
$E_{gm}$	$[kWh/m^2 \cdot \text{měs}]$	Globální sluneční záření za daný měsíc
$E_{gTO}$	$[kWh/m^2 \cdot \text{rok}]$	Globální sluneční záření za topné období
$e_i$	[-]	Součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací a prostupem
$E_m$	[kWh]	Průměrná měsíční produkce elektřiny systému
$e_t$	[-]	Součinitel snížení teploty v místnosti během dne / noci
$E_{Z(TO)}$	[kWh]	Celkové množství tepelných zisků za topné období
$E_{Z(TO-JIH)}$	[kWh]	Množství tepelných zisků za topné období pro jižní stranu
$E_{Z(TO-SEVER)}$	[kWh]	Množství tepelných zisků za topné období pro severní stranu
$E_{Z(TO-VÝCHOD)}$	[kWh]	Množství tepelných zisků za topné období pro východní stranu
$E_{Z(TO-ZÁPAD)}$	[kWh]	Množství tepelných zisků za topné období pro západní stranu
$E_{Zm}$	[kWh/měs]	Tepelný zisk sluneční radiací oknem za měsíc

f	[-]	Solární podíl
g	[-]	Propustnost slunečního záření (solární faktor)
h	[m]	Nadmořská výška
Hd	[kWh/m <sup>2</sup> ]	Průměrný denní úhrn globálního záření na m <sup>2</sup> systému
Hm	[kWh/m <sup>2</sup> ]	Průměrný měsíční úhrn globálního záření na m <sup>2</sup> systému
i <sub>LV</sub>	[m <sup>3</sup> /m.s.Pa <sup>0.67</sup> ]	Infiltrace (součinitel spárové průvzdušnosti)
k <sub>C</sub>	[W.K <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]	Průměrný součinitel prostupu tepla
M	[-]	Charakteristické číslo místnosti
n	[h <sup>-1</sup> ]	Intenzita výměny vzduchu
N	[den]	Počet pracovních dní v roce
N	[Kč]	Investice
n <sub>D</sub>	[-]	Počet dětí v domácnosti
n <sub>h</sub>	[hod]	Počet hodin lidí zdržujících se v domácnosti
n <sub>L</sub>	[-]	Počet lidí
n <sub>M</sub>	[-]	Počet mužů v domácnosti
n <sub>ž</sub>	[-]	Počet žen v domácnosti
p	[-]	Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tepelných ztrát
P	[m <sup>2</sup> ]	Půdorysná plocha místností
p1	[W.K <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí
p2	[W.K <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]	Přirážka na urychlení zátoku
p3	[W.K <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]	Přirážka na světovou stranu
Q	[W]	Tepelná ztráta budovy
q <sub>C</sub>	[W/m <sup>3</sup> ]	Měrná tepelná ztráta na 1 m <sup>3</sup> vytápěného objemu místnosti
Q <sub>C</sub>	[W]	Celková tepelná ztráta
Q <sub>E</sub>	[kWh/rok]	Celkové zisky od elektronických spotřebičů za topnou sezonu
Q <sub>k,u</sub>	[kWh/měs]	Teoretická měsíční využitelný tepelný zisk ze sol. kolektorů
Q <sub>L</sub>	[W]	Citelné teplo od lidí
Q <sub>L,TO</sub>	[kWh/rok]	Celkové zisky od lidí za topnou sezonu
Q <sub>o,j</sub>	[W]	Ztráta prostupem přes jednu stěnu
Q <sub>P</sub>	[W]	Tepelná ztráta prostupem
Q <sub>p,c</sub>	[kWh/měs]	Celková potřeba tepla při bilancování
Q <sub>p,TV</sub>	[kWh/měs]	Celková potřeba tepla na přípravu teplé vody
Q <sub>p,VYT</sub>	[kWh/měs]	Celková potřeba tepla na vytápění
Q <sub>r</sub>	[MWh/rok]	Celková potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r^*$	[MWh/rok]	Celková potřeba tepla pro vytápění a ohřev TV (s tep. zisky)
$q_{ss,u}$	[kWh/rok]	Celkové měrné množství skutečně využitých zisků sol. soustavy
$Q_{ss,u}$	[kWh/rok]	Celkové množství skutečně využitých zisků solární soustavy
$Q_{TUV,d}$	[kWh]	Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody
$Q_{TUV,r}$	[MWh/rok]	Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody
$Q_v$	[W]	Tepelná ztráta větráním
$Q_{VYT}$	[GJ/rok]	Celková roční potřeba energie na vytápění
$Q_{VYT}^*$	[GJ/rok]	Celková roční potřeba energie na vytápění s tep. zisky
$Q_z$	[W]	Tepelné zisky
$R$	[m <sup>2</sup> K/W]	Tepelný odpor
$R_{se}$	[m <sup>2</sup> K/W]	Tepelný odpor při přestupu tepla (vnější strana konstrukce)
$R_{si}$	[m <sup>2</sup> K/W]	Tepelný odpor při přestupu tepla (vnitřní strana konstrukce)
$R_T$	[m <sup>2</sup> K/W]	Tepelný odpor celkový dané konstrukce
$S$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha konstrukce, přes kterou teplo prochází
$S_{1,NP}$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha prvního nadzemního podlaží
$S_{CELK,ZATEPL.}$	[m <sup>2</sup> ]	Celková plocha pro venkovní zateplení
$S_{DVEŘÍ}$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha dveří
$S_j$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha jednotlivé konstrukce
$S_{OKEN}$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha oken
$S_{PLÁŠTĚ}$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha pláště
$S_{SOKLU}$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha soklu
$S_{STŘECHY}$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha střechy
$\bar{S}$	[m]	Šířka okna / dveří
$t_1$	[°C]	Teplota studené vody
$t_2$	[°C]	Teplota ohřáté vody
$t_e$	[°C]	Venkovní výpočtová teplota
$t_{e,j}$	[°C]	Teplota na druhé straně dané konstrukce
$t_{em}$	[°C]	Střední denní venk. teplota pro začátek a konec topného období
$t_{es}$	[°C]	Venkovní průměrná teplota za otopné období
$t_i$	[°C]	Vnitřní výpočtová teplota
$t_{k,m}$	[°C]	Střední teplota denní v sol. kolektorech
$t_{SV,L}$	[°C]	Teplota studené vody v letním období
$t_{SV,Z}$	[°C]	Teplota studené vody v zimním období
$U$	[W.K <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla



$U_D$	$[W.K^{-1}.m^{-2}]$	Součinitel prostupu tepla rámu dveří
$U_f$	$[W.K^{-1}.m^{-2}]$	Součinitel prostupu tepla rámem okna
$U_g$	$[W.K^{-1}.m^{-2}]$	Součinitel prostupu tepla sklem
$U_j$	$[W.K^{-1}.m^{-2}]$	Součinitel prostupu tepla jednou stěnou
$U_{N,20}$	$[W.K^{-1}.m^{-2}]$	Součinitel prostupu tepla – požadovaná hodnota
$U_{pas,20}$	$[W.K^{-1}.m^{-2}]$	Součinitel prostupu tepla – doporučená h. pro pasivní budovy
$U_{rec,20}$	$[W.K^{-1}.m^{-2}]$	Součinitel prostupu tepla – doporučená hodnota
$U_w$	$[W.K^{-1}.m^{-2}]$	Součinitel prostupu tepla celým oknem
$V$	$[m]$	Výška okna / dveří
$V_{1.NP}$	$[m]$	Výška 1.NP
$V_{2p}$	$[m^3/den]$	Celková potřeba teplé vody za 1 den
$V_{inf}$	$[m^3/s]$	Objemový průtok vzduchu přes infiltrační spáry
$V_K$	$[m]$	Konstrukční výška
$V_m$	$[m^3]$	Vnitřní objem místnosti
$V_S$	$[m]$	Světlá výška
$V_{SOKLU}$	$[m]$	Výška soklu
$V_{STŘECHY}$	$[m]$	Výška střechy
$V_V$	$[m^3/s]$	Objemový tok větracího vzduchu
$V_{V,V}$	$[m^3/s]$	Objemový průtok větracího vzduchu
$z$	$[-]$	Koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teplé vody
$\beta$	$[^\circ]$	Sklon kolektoru
$\gamma$	$[^\circ]$	Azimut kolektoru
$\Delta B$	$[Pa^{0,67}]$	Zvětšení charakteristického čísla budovy
$\Delta t$	$[^\circ C]$	Rozdíl teplot vzduchu (IN - OUT)
$\varepsilon$	$[-]$	Opravný součinitel
$\eta_o$	$[-]$	Optická účinnost (obsluhy / regulace soustavy)
$\eta_{OKEN1.TYP}$	$[-]$	Počet oken 1. typu
$\eta_{OKEN2.TYP}$	$[-]$	Počet oken 2. Typu
$\eta_r$	$[-]$	Účinnost rozvodu vytápění
$\lambda_D$	$[W/m.K]$	Součinitel tepelné vodivosti
$\eta_k$	$[-]$	Průměrná denní účinnost solární kolektoru pro daný měsíc
$\eta_{sk}$	$[-]$	Minimální hodnota účinnosti solárních termických systémů
$\rho$	$[kg/m^3]$	Měrná hmotnost vody

**ZKRATKY**

1.NP	První nadzemní podlaží
ČR	Česká republika
ČU	Černé uhlí
DN	Dveře vnitřní
DO	Dveře venkovní
DP	Dřevěná podlaha – parkety
DS	Distribuční soustava
EKIS	Energetické konzultační a informační střediska
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská Unie
FVE	Fotovoltaická elektrárna
HFVE	Hybridní fotovoltaická elektrárna
HU	Hnědé uhlí
IN	Vnitřní teplota místnosti
J	Jižní strana
JV	Jihovýchodní strana
JZ	Jihozápadní strana
KD	Keramická dlažba
KOS	Keramický obklad stěn
OD	Okno dvojité
OFF	Vypnutý stav
OFF-GRID	Ostrovní systém fotovoltaické elektrárny
OJ	Okno jednoduché
ON	Zapnutý stav
ON-GRID	Elektrárna připojena do sítě
OUT	Venkovní teplota místnosti
OZ	Okno zdvojené
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PDL	Podlaha
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
RD	Rodinný dům
S	Severní strana

SCH	Střecha
SN	Stěna vnitřní
SO	Stěna ochlazovaná venkovní
SSD	Stěna skleněná dvojitá
SSJ	Stěna skleněná jednoduchá
STR	Strop
SV	Severovýchodní strana
SZ	Severozápadní strana
TČ	Tepelné čerpadlo
TO	Topné období
TUV	Teplá užitková voda
TV	Televize
V	Východní strana
Z	Západní strana
ZP	Zemní plyn

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č.1: Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3 (1994)
- Příloha č.2: Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí (vnitřní) a průběh teplot v konstrukci
- Příloha č. 3: Hodnoty potřebné pro výpočet tepelného zisku sluneční radiací oknem
- Příloha č. 4: Kompletní výpočet výměny oken v stávajícím RD pro porovnání
- Příloha č. 5: Kompletní výpočet zateplení polystyrenem v stávajícím RD
- Příloha č. 6: Kompletní výpočet zateplení min. vatou v stávajícím RD
- Příloha č. 7: Kompletní výpočet výměny oken za okna větší pro detailní porovnání
- Příloha č. 8: Kompletní výpočet tepelných ztrát budovy - všechny místnosti (elektronická verze)



## PŘÍLOHY

**Příloha č.1:** Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3 (1994)

Druhy oken a dveří		Normové hodnoty		Výpočtová hodnota součinitele prostupu tepla
		Součinitel prostupu tepla	Součinitel spárové průvzdušnosti	
		$k_{ok,n}$	$i_{LV} \cdot 10^{-4}$	
		$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	$[m^{-2} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}]$	
Okna dřevěná, kombinovaná a z plastů				
1 Jednoduchá okna				
1.1	s jedním sklem	4,50	1,90	5,20
1.2	s přídavným sklem v rámečku z plastu nebo kovu (sdružené křídlo)	2,60	1,90	3,00
1.3	s izolačním dvojsklem bez selektivní vrstvy	2,50	1,90	2,90
1.4	s izolačním dvojsklem se selektivní vrstvou	1,80	1,90	2,10
1.5	s izolačním dvojsklem bez selektivní vrstvy a s přídavným sklem v rámečku z plastu nebo kovu (sdružené křídlo)	1,90	1,90	2,20
1.6	s izolačním trojsklem	1,80	1,90	2,10
2 Zdvojená okna				
2.1	se dvěma skly	2,40	1,40	2,80
2.2	se třemi skly s izolačním dvojsklem na vnitřní straně okna	1,70	1,40	2,00
2.3	se třemi skly, třetí sklo v rámečku mezi křídly	1,65	1,40	1,90
3 Dvojitá okna dřevěná, kombinovaná a z plastů				
3.1	dvojitá, dvě skla	2,35	1,20	2,70
3.2	dvojitá, sklo jednoduché a dvojsklo	1,40		1,60
Okna kovová				
4 Jednoduchá				
4.1	s jedním sklem	5,65	1,90	6,50
4.2	s izolačním dvojsklem	3,90	1,90	4,50
4.3	s izolačním dvojsklem a přerušeným tepelným mostem	3,20	1,90	3,70
4.4	s izolačním dvojsklem, se selektivní vrstvou a přerušeným tepelným mostem	2,35	1,90	2,70
4.5	s izolačním trojsklem a přerušeným tepelným mostem	2,50	1,90	2,80
5 Zdvojená okna				
5.1	se dvěma skly	3,30	1,40	3,80
5.2	se dvěma skly a přerušeným tepelným mostem	2,80	1,40	3,20
5.3	se třemi skly s izolačním dvojsklem na vnitřní straně okna a přerušeným tepelným mostem	2,40	1,40	2,80
6 Dveře				
6.1	domovní dřevěné bez skleněné výplně	2,30		2,60
6.2	domovní dřevěné s jedním sklem	4,00		4,70
6.3	domovní kovové s jedním sklem	5,65		6,50
6.4	balkónové, viz okna			
6.5	vnitřní dřevěné plné	2,00		2,00
6.6	vnitřní dřevěné zasklené jedním sklem	3,50		3,50
6.7	vnitřní dřevěné zasklené jedním sklem ze 2/3	3,00		3,00



## Příloha č.2: Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí (vnitřní) a průběh teplot v konstrukci

### TYP KONSTRUKCE

stěna vnitřní | jednoplašťová konstrukce

j	Materiál	d [m]	$\lambda_{s,j}$ [W/mK]	$R_{s,j}$ [m²K/W]	$\theta_j$ [°C]
1	Omítka vápenná	0.02	0.88	0.023	13.25
2	Zdivo z plných pálených cihel CP	0.29	0.78	0.373	-4.65
3	Omítka vápenná	0.02	0.88	0.023	-5.74

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si}$  0.13 m²K/W  $\theta_i = 14.34$  °C

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $R_{se}$  0.13 m²K/W  $\theta_e = -12$  °C

Celková tloušťka konstrukce  $d = 0.33$  m

Tepelný odpor konstrukce  $R = 0.42$  m²K/W

### VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U = 1.48$  W/m²K

Odpor při prostupu tepla konstrukce  $R_T = 0.68$  m²K/W

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946

### POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011

Posuzovaná konstrukce | Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu  $\theta_{in,20}$  20 °C

**Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U = 1.48$  W/m²K VYHOVUJE doporučené hodnotě  $U_{N,20} = 1.3$  W/m²K dle ČSN 73 0540-2:2011**

Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
2.7 W/m²K	1.80 W/m²K	- W/m²K

### POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011

Posuzovaná konstrukce | Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu  $\theta_{in,20}$  20 °C

**Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U = 1.48$  W/m²K NEVYHOVUJE požadované hodnotě  $U_{N,20} = 1.3$  W/m²K dle ČSN 73 0540-2:2011**

Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
1.30 W/m²K	0.90 W/m²K	- W/m²K

### TYP KONSTRUKCE

stěna vnitřní | jednoplašťová konstrukce

j	Materiál	d [m]	$\lambda_{s,j}$ [W/mK]	$R_{s,j}$ [m²K/W]	$\theta_j$ [°C]
1	Omítka vápenná	0.02	0.88	0.023	10.33
2	Zdivo z plných pálených cihel CP	0.14	0.78	0.179	-1.73
3	Omítka vápenná	0.02	0.88	0.023	-3.26

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si}$  0.13 m²K/W  $\theta_i = 11.86$  °C

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $R_{se}$  0.13 m²K/W  $\theta_e = -12$  °C

Celková tloušťka konstrukce  $d = 0.18$  m

Tepelný odpor konstrukce  $R = 0.22$  m²K/W

### VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U = 2.06$  W/m²K

Odpor při prostupu tepla konstrukce  $R_T = 0.48$  m²K/W

dle ČSN 73 0540-4 a ČSN EN ISO 6946

### POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011

Posuzovaná konstrukce | Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu  $\theta_{in,20}$  20 °C

**Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U = 2.06$  W/m²K VYHOVUJE požadované hodnotě  $U_{N,20} = 2.7$  W/m²K dle ČSN 73 0540-2:2011**

Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
2.7 W/m²K	1.80 W/m²K	- W/m²K

### POROVNÁNÍ S POŽADAVKY ČSN 73 0540-2:2011

Posuzovaná konstrukce | Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně

Převažující návrhová vnitřní teplota většiny prostorů v objektu  $\theta_{in,20}$  20 °C

**Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U = 2.06$  W/m²K NEVYHOVUJE požadované hodnotě  $U_{N,20} = 1.3$  W/m²K dle ČSN 73 0540-2:2011**

Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
1.30 W/m²K	0.90 W/m²K	- W/m²K

## Příloha č. 3: Hodnoty potřebné pro výpočet tepelného zisku sluneční radiací oknem

Tab. 1: Globální sluneční záření za měsíc  $E_{gm}$  [kWh.m<sup>-2</sup>.měs<sup>-1</sup>] a za topné období  $E_{gTO}$  [kWh.m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>] dle [3].

Měsíc	H	S	SV, SZ	V, Z	JV, JZ	J
X	52,74	10,36	14,06	32,23	57,61	71,57
XI	25,53	5,52	6,98	15,87	31,99	41,07
XII	18,62	4,03	5,09	11,18	23,86	30,95
I	23,06	5,21	6,42	15,01	32,20	41,91
II	36,75	7,26	9,55	22,21	42,17	53,31
III	76,12	15,60	23,25	48,89	76,16	89,73
IV	110,53	24,04	38,30	65,84	84,33	88,42
$E_{gTO}$	343,35	77,02	103,65	211,23	348,32	416,99

Tab. 2: Propustnost slunečního záření zasklení  $T_1$  z čirého skla dle ČSN 730542.

Počet skel	1	2	3
Propustnost $T_1$	0,90	0,81	0,73

Tab. 3: Hodnoty stínících součinitelů  $T_3$  pro různá provedení oken a stínících prvků dle ČSN 730548.

Druh zasklení	$T_3$	Stínící prvky	$T_3$
Jednoduché sklo	1,00	Vnitřní žaluzie lamely 45° světlé	0,56
Dvojitě sklo	0,90	Vnitřní žaluzie lamely 45° střední barvy	0,65
Jednoduché termální sklo	0,70	Vnitřní žaluzie lamely 45° tmavé	0,75
Vnější termální, vnitřní obyčejné	0,60	Vnitřní žaluzie lamely 45° světlé	0,15
Reflexní sklo jednoduché průměrná jakost	0,70	Vnější žaluzie lamely 45°, ven jasné, dovnitř tmavé	0,13
Reflexní sklo dvojitě, špičkové výrobky	0,24	Vnější markýzy, meziprostor větrán	0,30
Vnější reflexní sklo průměrná jakost, vnitřní obyčejné	0,60	Meziokenní žaluzie, prostor nevětrán	0,50
Zdvojené reflexní sklo dobré jakosti	0,30	Reflexní záclony světlé, vnější reflexní vrstva	0,60
Barevné vrstvy stříkané světlé	0,80	Závěsy: bavlna, umělá vlákna	0,80
Barevné vrstvy stříkané střední	0,70	Reflexní záclony tmavé, vnější reflexní vrstva	0,70
Reflexní folie tmavá	0,25		
Reflexní folie světlá	0,42		
Sklo s drátěnou vložkou	0,80		

Tab. 4: Činitel využití slunečního záření za měsíc  $c_m$  při různých orientacích zasklené plochy ( $c_{mp}$  je průměrná hodnota za celé vytápěcí období) dle ČSN 730542.

Měsíc	S	SV, SZ	V, Z	JV, JZ	J
X	1	0,95	0,85	0,73	0,67
XI	1	0,98	0,95	0,86	0,81
XII	1	1	1	0,97	0,95
I	1	1	1	0,97	0,95
II	1	1	1	0,97	0,95
III	1	0,98	0,95	0,86	0,81
IV	1	0,98	0,85	0,73	0,67
$c_{mp}$	1	0,97	0,91	0,84	0,80

**Příloha č. 4:** Kompletní výpočet výměny oken v stávajícím RD pro porovnání

Druh vytápění a místnosti	PŮVODNÍ STAV		VÝMĚNA OKEN VARIANTA A		VÝMĚNA OKEN VARIANTA B		VÝMĚNA OKEN VARIANTA C		VÝMĚNA OKEN VARIANTA D		VÝMĚNA OKEN VARIANTA E		VÝMĚNA OKEN VARIANTA F	
	Qc [W]	ÚSPORA [W]	Qc [W]	ÚSPORA [W]	Qc [W]	ÚSPORA [W]	Qc [W]	ÚSPORA [W]	Qc [W]	ÚSPORA [W]	Qc [W]	ÚSPORA [W]	Qc [W]	ÚSPORA [W]
1.01 WC	254	0	254	0	254	0	254	0	254	0	254	0	254	0
1.02 PŘEDŠŇ	1032	0	1032	0	1032	0	1032	0	1032	0	1032	0	1032	0
1.03 CHODBA	183	0	183	0	183	0	183	0	183	0	183	0	183	0
1.04 KOUPELNA	1850	39	1811	48	1802	48	1811	39	1804	46	1802	48	1802	48
1.05 KOTELNA + SUŠARNA	1958	100	1858	124	1834	124	1858	100	1841	117	1834	124	1834	124
1.06 POKOJ	3694	119	3575	147	3547	147	3575	119	3555	139	3575	119	3575	119
1.07 LOŽNICE	2967	109	2858	135	2832	135	2858	109	2840	127	2858	109	2858	109
1.08 OBYTACÍ POKOJ	4786	239	4547	296	4490	296	4547	239	4507	279	4547	239	4519	267
1.09 KUCHYŇ	3556	243	3313	301	3255	301	3313	243	3272	284	3284	272	3255	301
1.10 KOMBORA	494	74	420	91	403	91	420	74	408	86	403	91	403	91
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Qc [W]:	20774	-923	19851	-1142	19632	-1142	19851	-923	19696	-1078	19772	-1002	19715	-1059
SMIŘENÍ ZTRÁTY [%]:	0%	-4,40%	95,60%	-5,5%	94,5%	-5,5%	95,60%	-4,40%	94,8%	-5,2%	95,2%	-4,8%	94,9%	-5,1%
ZISK OKNY [kWh/TO]:	1335	181	1154	676	659	676	1154	181	934	401	1094	241	973	362
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	1,749	39,411	1,714	39,446	1,714	39,411	1,749	39,301	1,859	39,301	1,859	39,302	1,858
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ [Kč]:	66 161 Kč	2 665 Kč	63 496 Kč	2 615 Kč	63 546 Kč	2 615 Kč	63 496 Kč	2 665 Kč	63 330 Kč	2 831 Kč	63 330 Kč	2 831 Kč	63 331 Kč	2 830 Kč
INVESTICE N [Kč s DPH]:	0 Kč	60000		74520		74520		88865		97135		65021		68821
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0 Kč	22,51		28,50		28,50		33,35		34,31		22,97		24,32
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	4,03%		3,95%		3,95%		4,03%		4,28%		4,28%		4,28%

## Příloha č. 5: Kompletní výpočet zateplení polystyrenem v stávajícím RD

TYP IZOLACE:		Isover EPS 70F					
PŮVODNÍ STAV	0 mm	100 mm	120 mm	140 mm	150 mm	160 mm	
Tloušťka izolace:		0,30 W/m <sup>2</sup> K	0,26 W/m <sup>2</sup> K	0,23 W/m <sup>2</sup> K	0,22 W/m <sup>2</sup> K	0,21 W/m <sup>2</sup> K	
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	1,68 W/m <sup>2</sup> K						
Cena za 1m <sup>2</sup> :	0 Kč	151,73 Kč	182,08 Kč	212,43 Kč	227,60 Kč	242,77 Kč	
Celková cena (cca 105 ± 1 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	15 932 Kč	18 936 Kč	22 305 Kč	23 898 Kč	25 491 Kč	
Pevná částka 980 Kč/m <sup>2</sup> (100 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:	20773	14770	14602	14477	14436	14395	
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	71,1%	70,3%	69,7%	69,5%	69,3%	
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	28,54	28,19	27,93	27,84	27,76	
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	47 162 Kč	46 589 Kč	46 197 Kč	46 062 Kč	45 941 Kč	
INVESTICE CELKEM N:	0 Kč	113 932 Kč	116 936 Kč	120 305 Kč	121 898 Kč	123 491 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0 Kč	6,00	5,97	6,03	6,06	6,11	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-28,72 %	-29,58 %	-30,17 %	-30,38 %	-30,56 %	

TYP IZOLACE:		Isover EPS GreyWall					
PŮVODNÍ STAV	0 mm	100 mm	120 mm	140 mm	150 mm	160 mm	
Tloušťka izolace:							
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	1,68 W/m <sup>2</sup> K	0,26 W/m <sup>2</sup> K	0,22 W/m <sup>2</sup> K	0,2 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K	0,17 W/m <sup>2</sup> K	
Cena za 1m <sup>2</sup> :	0 Kč	180,77 Kč	216,93 Kč	253,09 Kč	271,16 Kč	289,24 Kč	
Celková cena (cca 105 ± 1 m <sup>2</sup> ):	0 Kč	18 981 Kč	22 561 Kč	26 574 Kč	28 472 Kč	30 370 Kč	
Pevná částka 980 Kč/m <sup>2</sup> (100 m2):	0 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:	20773	14602	14436	14352	14269	14228	
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	70,3%	69,5%	69,1%	68,7%	68,5%	
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	28,19	27,84	27,66	27,49	27,40	
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	46 589 Kč	46 062 Kč	45 791 Kč	45 534 Kč	45 399 Kč	
INVESTICE CELKEM N:	0 Kč	116 981 Kč	120 561 Kč	124 574 Kč	126 472 Kč	128 370 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:	0 Kč	5,98	6,00	6,12	6,13	6,18	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-29,58%	-30,38%	-30,79%	-31,18%	-31,38%	

Vysvětlivky:

Nesplňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2

Splňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2

Splňuje doporučenou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2

Splňuje hodnotu propasivní domy dle normy ČSN 73 0540-2

U > 0,30 W/m<sup>2</sup>KU ≤ 0,30 W/m<sup>2</sup>KU ≤ 0,25 W/m<sup>2</sup>KU ≤ 0,18 W/m<sup>2</sup>K



Příloha č. 6: Kompletní výpočet zateplení min. vatou v stávajícím RD

TYP IZOLACE:		PŮVODNÍ STAV	Isover TF PROFI					
			100 mm	120 mm	140 mm	150 mm	160 mm	
Tloušťka izolace:		0 mm						
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:		1,68 W/m <sup>2</sup> ·K	0,28 W/m <sup>2</sup> ·K	0,25 W/m <sup>2</sup> ·K	0,22 W/m <sup>2</sup> ·K	0,20 W/m <sup>2</sup> ·K	0,19 W/m <sup>2</sup> ·K	
Cena za 1m <sup>2</sup> :		0 Kč	319,44 Kč	383,33 Kč	447,22 Kč	479,16 Kč	511,10 Kč	
Celková cena (cca 105 ± 1 m <sup>2</sup> ):		0 Kč	33 350 Kč	40 020 Kč	46 690 Kč	50 024 Kč	53 359 Kč	
Pevná částka 980 Kč/m <sup>2</sup> (100 m2):		0 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:		20773	14687	14561	14436	14352	14310	6463
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:		100%	70,7%	70,1%	69,5%	69,1%	68,9%	31,1%
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]		41,16	28,37	28,10	27,84	27,66	27,58	13,584
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:		66 161 Kč	46 860 Kč	46 453 Kč	46 062 Kč	45 791 Kč	45 670 Kč	20 491 Kč
INVESTICE CELKEM N:		0 Kč	131 350 Kč	138 020 Kč	144 690 Kč	148 024 Kč	151 359 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:		0 Kč	6,81	7,00	7,20	7,27	7,39	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:		0%	-29,17%	-29,79%	-30,38%	-30,79%	-30,97%	

TYP IZOLACE:		PŮVODNÍ STAV	Isover NF 333					
			100 mm	120 mm	140 mm	150 mm	160 mm	
Tloušťka izolace:		0 mm						
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:		1,68 W/m <sup>2</sup> ·K	0,31 W/m <sup>2</sup> ·K	0,27 W/m <sup>2</sup> ·K	0,24 W/m <sup>2</sup> ·K	0,23 W/m <sup>2</sup> ·K	0,22 W/m <sup>2</sup> ·K	
Cena za 1m <sup>2</sup> :		0 Kč	275,88 Kč	331,06 Kč	386,23 Kč	413,82 Kč	441,41 Kč	
Celková cena (cca 105 ± 1 m <sup>2</sup> ):		0 Kč	28 692 Kč	34 784 Kč	40 168 Kč	43 480 Kč	46 379 Kč	
Pevná částka 980 Kč/m <sup>2</sup> (100 m2):		0 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	98 000 Kč	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA Q <sub>c</sub> [W]:		20773	14812	14645	14519	14477	14436	6337
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:		100%	71,3%	70,5%	69,9%	69,7%	69,5%	30,5%
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]		41,16	28,63	28,28	28,02	27,93	27,84	13,319
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:		66 161 Kč	47 252 Kč	46 725 Kč	46 333 Kč	46 197 Kč	46 062 Kč	20 099 Kč
INVESTICE CELKEM N:		0 Kč	126 692 Kč	132 784 Kč	138 168 Kč	141 480 Kč	144 379 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST [LET]:		0 Kč	6,70	6,83	6,97	7,09	7,18	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:		0%	-28,58%	-29,38%	-29,97%	-30,17%	-30,38%	

U > 0,30 W/m<sup>2</sup>·K

U ≤ 0,30 W/m<sup>2</sup>·K

U ≤ 0,25 W/m<sup>2</sup>·K

U ≤ 0,18 W/m<sup>2</sup>·K

Nesplňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2

Spĺňuje požadovanou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2

Spĺňuje doporučenou hodnotu dle normy ČSN 73 0540-2

Spĺňuje hodnotu propasivní domy dle normy ČSN 73 0540-2

Vysvětlivky:

## Příloha č. 7: Kompletní výpočet výměny oken za okna větší pro detailní porovnání

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B1(1,5)		VARIANTA B1(1,8)		VARIANTA B1(2,0)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ [W]:	20774	14287	6487	14326	6448	14352	6422
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	68,8%	31,2%	69,0%	31,0%	69,1%	30,9%
ZISK OKNY [kWh/TO]:	1335	1094	241	1329,8	5,2	1398,5	-63,5
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	27,769	13,39	27,615	13,5448	27,601	13,559
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 955 Kč	- 20 206 Kč	45 723 Kč	- 20 438 Kč	45 702 Kč	- 20 459 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	182 000 Kč		183 417 Kč		189 078 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST (LET):	0 Kč	9,01		8,97		9,24	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-30,54%		-30,89%		-30,92%	

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B2(1,5)		VARIANTA B2(1,8)		VARIANTA B2(2,0)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ [W]:	20774	14140	6634	14180	6594	14207	6567
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	68,1%	31,9%	68,3%	31,7%	68,4%	31,6%
ZISK OKNY [kWh/TO]:	1335	1094	241	1329,8	5,2	1398,5	-63,5
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	27,460	13,70035	27,308	13,852021	27,296	13,863936
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 489 Kč	20 672 Kč	45 260 Kč	20 901 Kč	45 242 Kč	20 919 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	185 582 Kč		186 983 Kč		192 604 Kč	
PROSTÁ NÁVRATNOST (LET):	0 Kč	8,98		8,95		9,21	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-31,24%		-31,59%		-31,62%	

	PŮVODNÍ STAV	VARIANTA B3(1,5)		VARIANTA B3(1,8)		VARIANTA B3(2,0)	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA $Q_c$ [W]:	20774	13992	-6782	14034	-6740	14061	-6713
SNÍŽENÍ ZTRÁTY [%]:	100%	67,4%	-32,6%	67,6%	-32,4%	67,7%	-32,3%
ZISK OKNY [kWh/TO]:	1335	1094	241	1329,8	5,2	1398,5	-63,5
ROČNÍ POTŘEBA ENERGIE na VYTÁPĚNÍ: [MWh]	41,16	27,148	14,0116	27,001	14,1591	26,989	14,171
NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ:	66 161 Kč	45 019 Kč	21 142 Kč	44 798 Kč	21 363 Kč	44 780 Kč	21 381 Kč
INVESTICE N:	0 Kč	191492		192756		198416	
PROSTÁ NÁVRATNOST (LET):	0 Kč	9,06		9,02		9,28	
Procentuální snížení nákladů na vytápění [%]:	0%	-31,96%		-32,29%		-32,32%	